TÉCNICO EM MECATRÔNICA

PRODUÇÃO INDUSTRIAL

Metrologia

© SENAI - PR, 2002

CÓDIGO DE CATÁLOGO : 20.02

Trabalho elaborado pela Diretoria de Educação e Tecnologia
do Departamento Regional do SENAI - PR , através do
LABTEC - Laboratório de Tecnologia Educacional.

Coordenação geral	Marco Antonio Areias Secco
Elaboração técnica	Otávio Derenievicki Filho

Equipe de editoração

Coordenação	Lucio Suckow
Diagramação	José Maria Gorosito
Ilustração	José Maria Gorosito
Revisão técnica	Otávio Derenievicki Filho
Capa	Ricardo Mueller de Oliveira

Referência Bibliográfica.
NIT - Núcleo de Informação Tecnológica
SENAI - DET - DR/PR

S474p SENAI - PR. DET
Produção industrial - Metrologia
Curitiba, 2002, 128 p

CDU -

Direitos reservados ao

SENAI — Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
Departamento Regional do Paraná
Avenida Cândido de Abreu, 200 - Centro Cívico
Telefone: (41) 350-7000
Telefax: (41) 350-7101
E-mail: senaidr@pr.senai.br
CEP 80530-902 — Curitiba - PR

SUMÁRIO

Apresentação 05
Introdução 06
Régua graduada 12
Paquímetro 21
Micrômetro 37
Goniômetro 51
Relógio comparador 57
Blocos-padrão 72
Régua e mesa de seno 83
Projetores 89
Medição trisimensional 96
Conversões de medidas 107
Anexos 110
Bibliografia 128

APRESENTAÇÃO

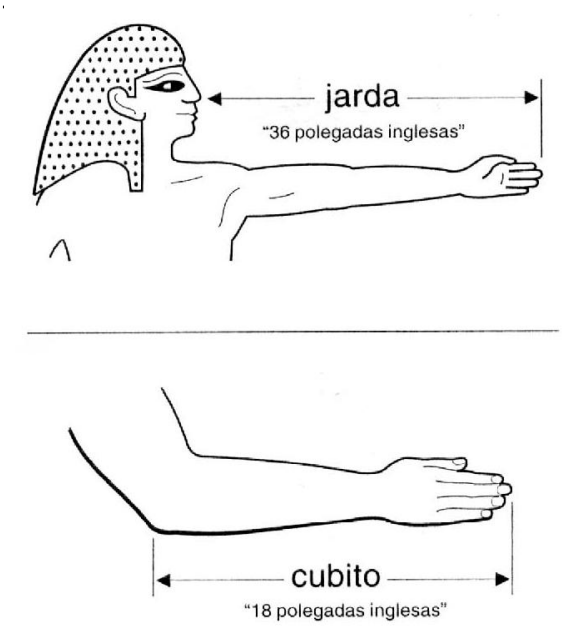
A apostila de Metrologia faz parte do conjunto disciplinas do curso Técnico em Mecatrônica - Produção Industrial. Ela foi preparada para que você estude os principais instrumentos e procedimentos de medição. Dessa forma, você vai saber como um profissional da área de Mecânica trabalha com medidas.

Este material contém o histórico da metrologia, descrição dos principais instrumentos a serem utilizados no curso, exercícios práticos e ainda uma seção de anexos onde poderá visualizar detalhes dos mais variados instrumentos e sistema de conversões de medidas.

INTRODUÇÃO

Primitivos instrumentos de medição

Precisão nem sempre foi associada a medição. Nos primórdios da civilização, o homem começou a usar partes do seu corpo para estimar medidas, e por volta de 6000 a.C. de tais medições evoluiu-se finalmente para a polegada, mão, palmo, pé, cubito, jarda e braça, os primeiros padrões de medida.



Os intrumentos do passado não demandavam grande precisão. Muitos produtos eram costumeiramente feitos a mão e uma fração de polegada mais ou menos fazia pouca diferença para uma operação satisfatória.

Foi Eli Whitney quem primeiro concebeu a idéia básica de produção em série através de partes substituíveis e que somente através de métodos aperfeiçoados de medição e máquinas automáticas de alta potência, essa produção seria possível. Em 1800 ele aplicou suas teorias com sucesso na fabricação de mosquetes para o governo dos Estados Unidos e é lembrado hoje como o pai da produção em série através de peças de reposição.

A jarda e o metro

Duas unidades de medição linear são comuns: a Jarda Britânica e o Metro. Nos Estados Unidos, a jarda, que foi uma vez vagamente definida como “a distância entre a ponta do dedo polegar à ponta do nariz do rei Henrique I da Inglaterra” é mais familiar em suas subdivisões de pés, polegadas e frações de polegada.

Essa groseira porém prática medida evoluiu para uma definição mais precisa de comprimento como “a distância entre as linhas gravadas sobre dois pinos de outo numa barra de bronze, quando medida numa sala com temperatura controlada”. Um protótipo da jarda é mantida no Bureau of Standards em Wahington, porém, atualmente este padrão não é suficientemente preciso e a evolução da medição prática, está agora definindo a polegada internacional em termos de onda de luz.

O metro foi originariamente instituído como sendo “a décima milionésima parte de um meridiano, com traçado norte-sul através de Paris, a partiur do Polo Norte até o Equador”. Em pouco tempo isto se revelou falso pois o metro foi instituído simplesmente baseado num comprimento arbitrário, e hoje, da mesma forma como a polegada internacional, é também denifido em termos de ondas de luz. O metro é subdividido em centímetros, milímetros e decimais de um milímetro.

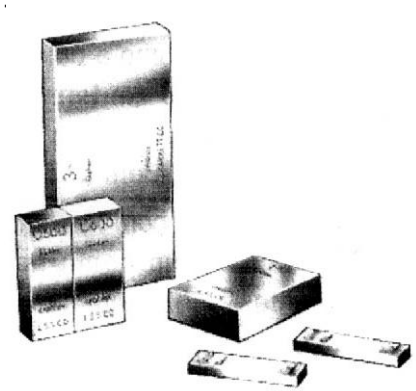
A maioria das oficias que lidam com instrumentos e trabalhos científicos bem como as de produção de componentes, são equipadas com instrumentos calibrados no sistema métrico.

O metro e a polegada internacionais

Ao longo dos anos o metro internacional tem sido definido de diferentes modos. Atualmente “o metro corresponde à distância percorrida pela luz no vácuo durante o intervalo de tempo de 1/299.792.458 do segundo”.

Isto, naturalmente, não pode ser usado para medições regulares, de modo que a relação física é traduzida pelo Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia usando lasers e relógios atômicos e transferidos para blocos padrão. Os blocos padrão são os instrumentos que trazem essa tecnologia para o chão da fábrica aonde, diferentes tamanhos de blocos podem ser combinados para oferecer qualquer dimensão necessária.

Quando transformar milímetro em polegada e viceversa lembre-se: 1” é igual a 25,4mm exatos.



Conheça seus limites

Esforçar-se por obter uma exatidão além dos limites prescritos pode resultar desnecessário desperdício de tempo e empenho, como total falta de exatidão.

Nem mesmo o orgulho de um artesanato pode justificar um profissional produzindo, componentes lenta e esmeradamente dentro de uma exatidão de milésimos enquanto seu companheiro de bancada libera outros componentes do mesmo conjunto que meramente atingirá a tolerância especificada de mais ou menos alguns centésimos. O desejável é a habilidade em produzir um trabalho rapidamente que esteja a altura dos padrões estabelecidos. É propósito deste livreto rever os meios e os métodos de alcançar uma exatidão uniforme de acordo com os padrões comumente aceitos nas indústrias de hoje.

Vista e tato

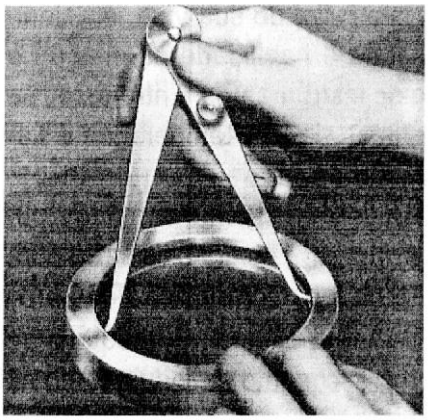
Desenvolvimentos recentes no campo da medição de precisão tem proporcionado instrumentos modernos mais precisos e mais fáceis de ler. Estes incluem o acabamento cromo acetinado de leitura fácil e os nônios com 50 divisões, bem espaçadas, novos instrumentos com toda erspécie de adaptação a relógios comparadores, instrumentos eletrônicos, leituras digitais, para citar apenas alguns.

Entretanto, para desenvolver hábitos de precisão consistente em medições, é bom lembrar que nós ainda dependemos da sensibilidade da vista e do tato.

A sensibilidade do tato se torna importante quando se usa instrumentos de medição sem graduação. Um mecânico experiente com sensibilidade de “tasto” altamente desenvolvido pode prontamente detectar uma diferença ínfima de 0,006mm (0,00025”) num contato feito por comparação. Enquanto a sensibilidade de tato varia de indivíduo para indivíduo, ela pode ser desenvolvida com a prática e o manuseio apropriado de instrumentos.

Na mão humana o senso de tato é mais notório nas pontas dos dedos. Desta forma, um instrumento de medição sem graduação deve ser adequadamente proporcional à mão e segurado leve e delicadamente de forma a permitir aos dedos, mobilidade para manusear ou movimentá-lo. Se o instrumen-

to for mal feito ou se for seguro de modo grosseiro, a sensibilidade do toque ou tato fica bastante prejudicada.



Aproximação

Vista e tato são frequentemente combinados, pelo trabalhador experiente, para aproximar medições mais estreitas do que os limites da graduação do instrumento. Por exemplo, na média dos micrômetros graduados para leitura em centésimos de milímetro, o espaço entre as menores graduações do tambor é de aproximadamente 1mm.

A variação da medida abaixo do centésimo de milímetro que esse espaço representa, pode ser percebida e julgada visualmente com razoável precisão. Evidentemente, é sempre mais prático trabalhar dentro dos limites para os quais o instrumento foi desenhado, mas quando circunstanciais o tornam necessário, é possível apliar os limites estimando subdivisões da menor graduação em frações como 1/2, 1/3, 1/4, etc.

Cuidar dos instrumentos

É desnecessário dizer que os instrumentos de medição devem ser manuseados com o máximo cuidado. Bons instrumentos suportarão uma vida inteira de uso, porém, a exatidão mesmo de um instrumento mais fino pode ser facilmente prejudicada por um tratamento inadequado. Ao trabalhar com instrumentos de medição, evite riscos ou cortes que poderão

confundir as graduações e deformar as superfícies de contato. A ferrugem é a inimiga de todas as superfícies com acabamento fino. Os instrumentos devem ser limpos das marcas dos dedos após o uso e guardados em caixas ou estojos separados. Um óleo especial para instrumentos de elevado grau deve ser regularmente aplicado para lubrificar suas partes.

RÉGUA GRADUADA

O mais elementar instrumento de medição utilizado nas oficinas é a régua graduada (escala). É usada para tomar medidas lineares, quando não há exigência de grande precisão. Para que seja completa e tenha carácter universal, deverá ter graduações do sistema métrico e do sistema inglês (fig. 1).

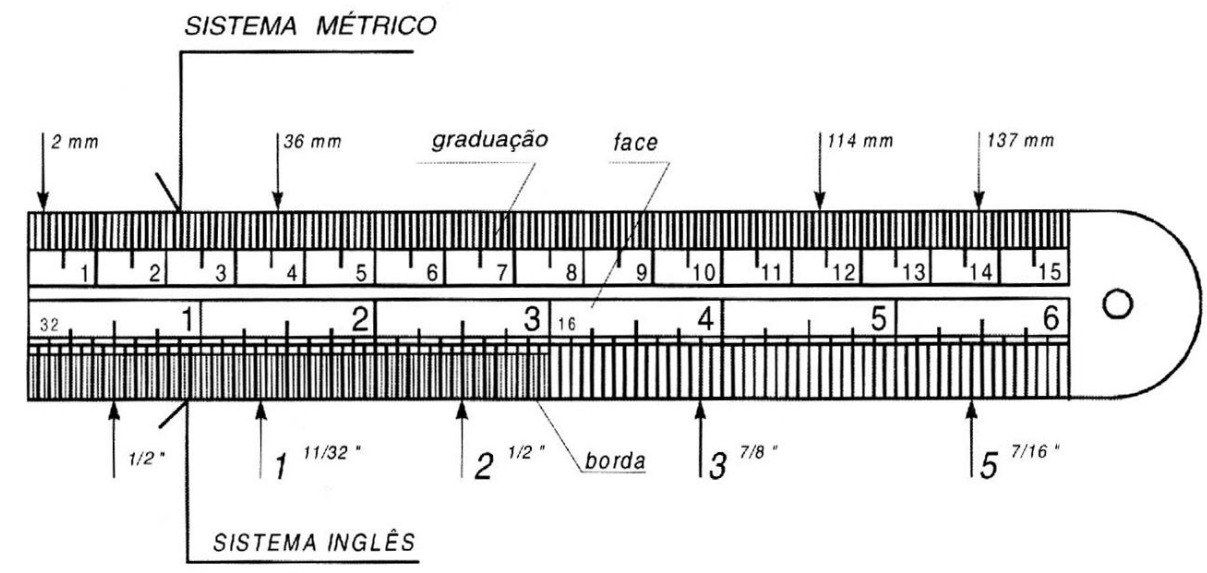
Sistema métrico

Graduação em milímetros (mm) . 1 mm = $\frac{1\ m}{1000}$

Sistema inglês

Graduação em polegadas (“) = $\frac{1}{36}$ jarda

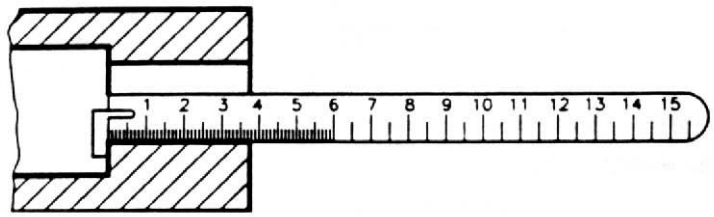
A escala ou régua graduada é construída de aço, tendo sua graduação inicial situada na extremidade esquerda. É fabricada em diversos comprimentos: 6” (152,4 mm), 12” (304,8 mm).



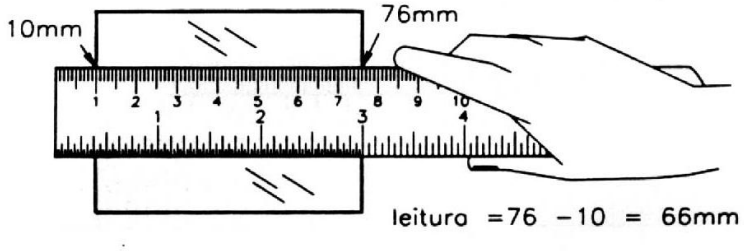
Tipos e usos

As réguas graduadas são de muitos tipos e se prestam a diversos usos:

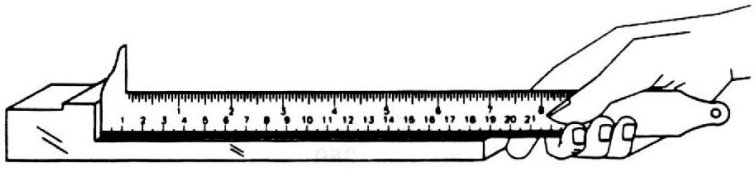
Régua de encosto interno: serve para medição com face interna de referência.



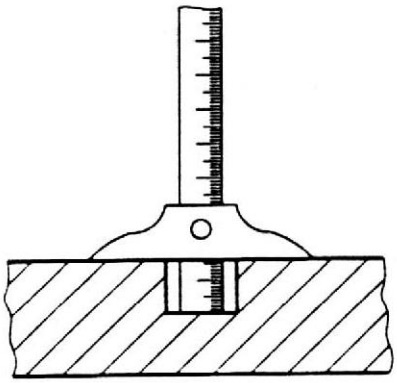
Régua sem encosto: nesse caso, devemos subtrair do resultado o valor do ponto de referência.



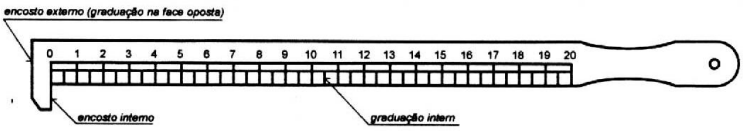
Régua com encosto: serve para medição de comprimento a partir da face externa do encosto de uma peça.



Régua de profundidade: utilizada nas medições de canais ou rebaixos internos.



Régua de dois encostos:



Régua rígida de aço-carbono com seção retangular: serve para medir deslocamentos em máquinas geratrizes.

Características

De modo geral, uma escala de boa qualidade deve apresentar: bom acabamento, bordas rertas e bem definidas e faces polidas.

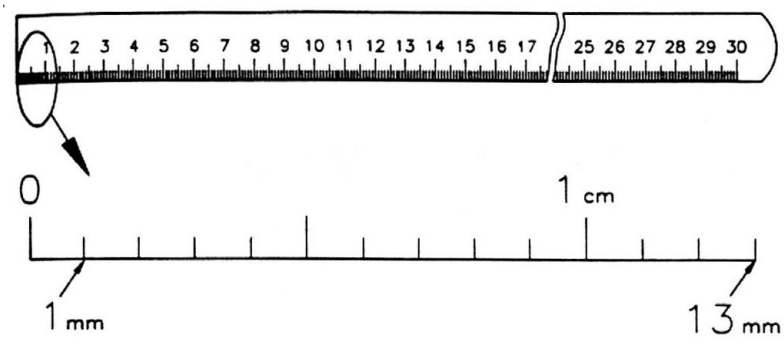
As réguas de manuseio constante devem ser de aço inoxidável e temperado. É necessário que os traços da escala sejam gravados, bem definidos, uniformes e finos. As distâncias entre os traços devem ser iguais.

A retilinidade e a precisão das divisões obedecem a normas internacionais.

Leitura no sistema métrico

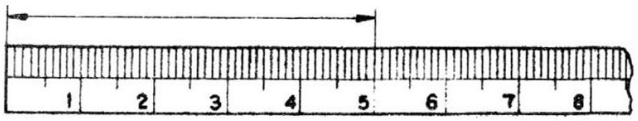
Cada centímetro na escala encontra-se dividido em 10 partes iguais e cada parte equivale a 1 mm.

Assim, a leitura pode ser feita em milímetro. A ilustração a seguir mostra, de forma ampliada, como se faz isso.

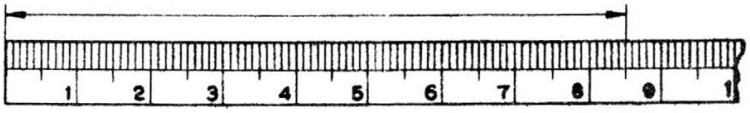


Solucionando Problemas

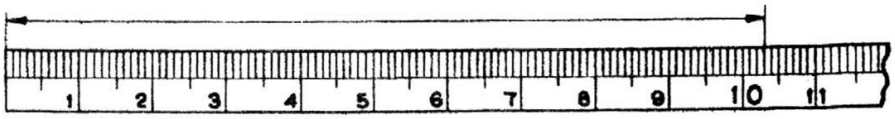
RÉGUA GRADUADA



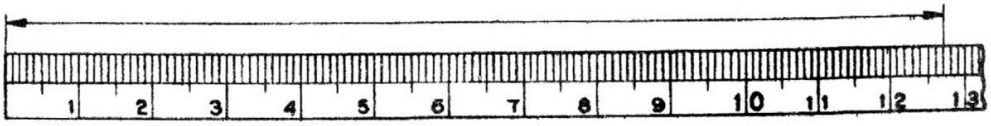
_____ mm _____ cm



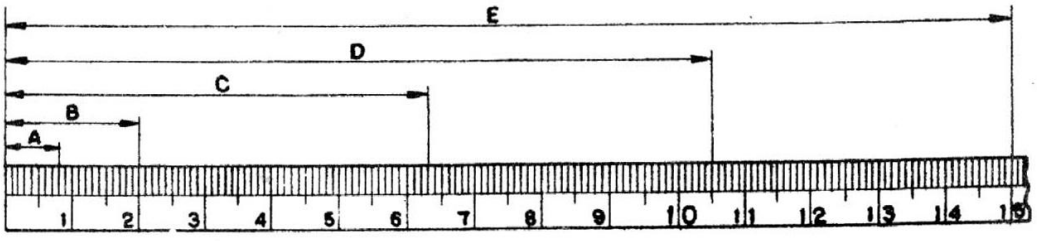
_____ mm _____ cm



_____ mm _____ cm



_____ mm _____ cm



A _____ mm _____ cm

B _____ mm _____ cm

C _____ mm _____ cm

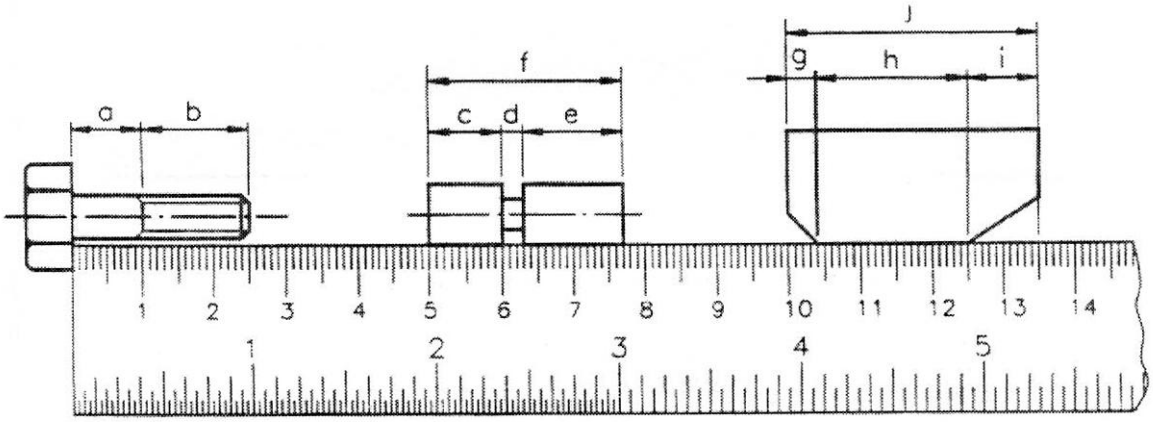
D _____ mm _____ cm

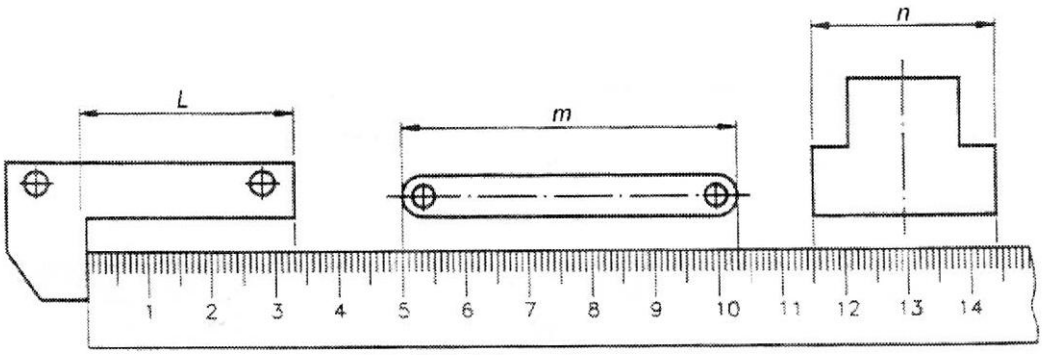
E _____ mm _____ cm

LEITURA NA ESCALA EM MILÍMETRO

Solucionando Problemas

Leia os espaços marcados nas réguas abaixo e escreva os valores correspondentes.





a..... b..... c..... d.....

e..... f..... g..... h.....

i..... j..... k..... l.....

m..... n.....

Solucionando Problemas

Leitura no sistema inglês depolegada fracionária

A figura 1 representa a dimensão de 1 (uma) polegada em ponto maior.

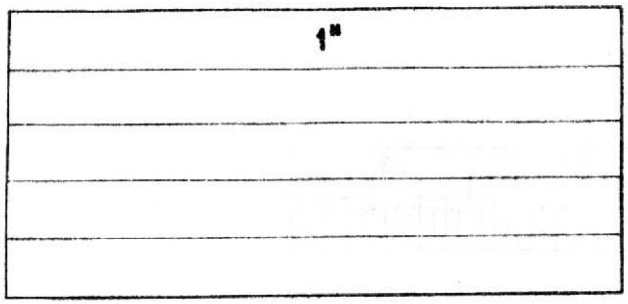


Fig. 1

Divida a figura 1 na ordem das figuras 2, 3, 4 e 5 para obter as subdivisões de polegada até 1/16".

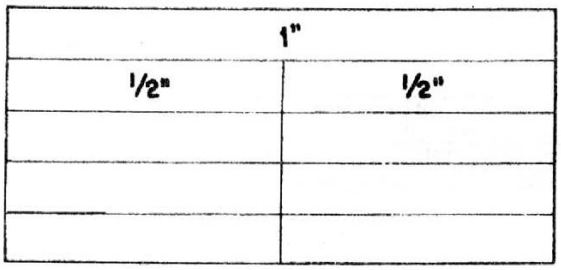


Fig. 2

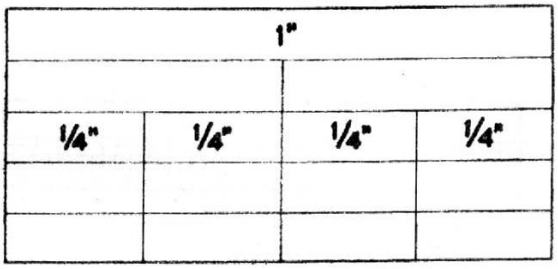


Fig. 3

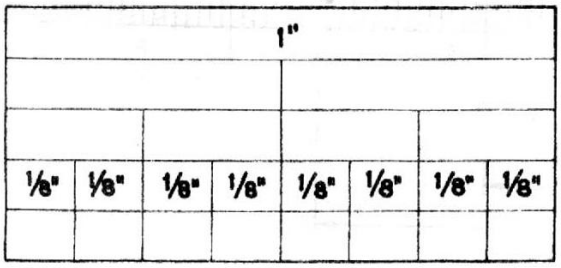


Fig. 4

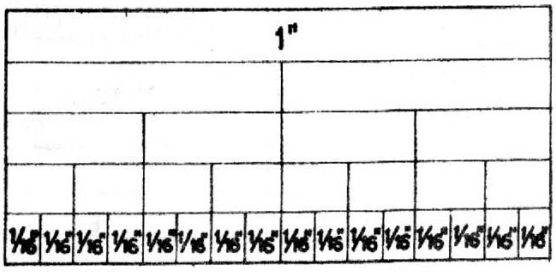
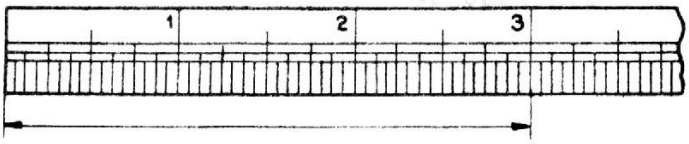


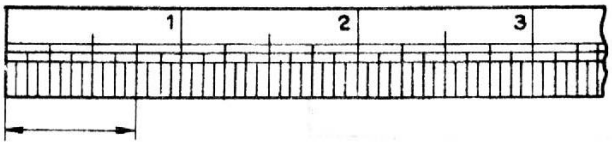
Fig. 5

Solucionando Problemas

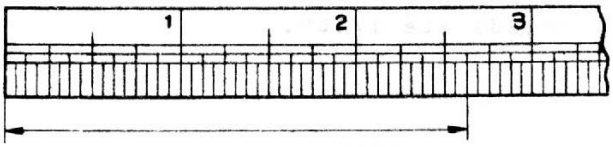
RÉGUA GRADUADA



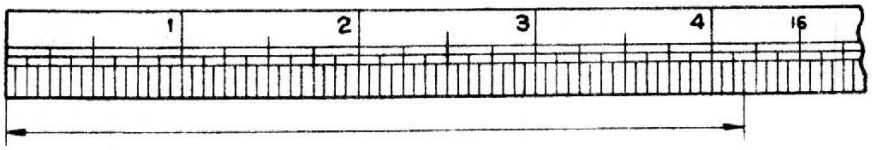
_____



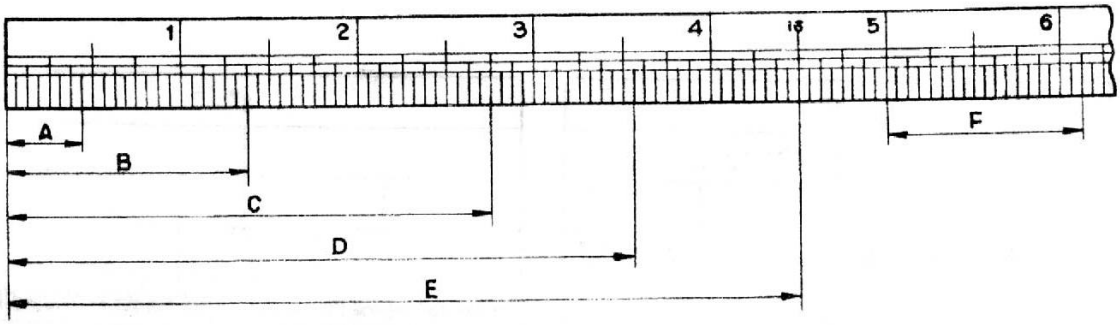
_____



_____



_____

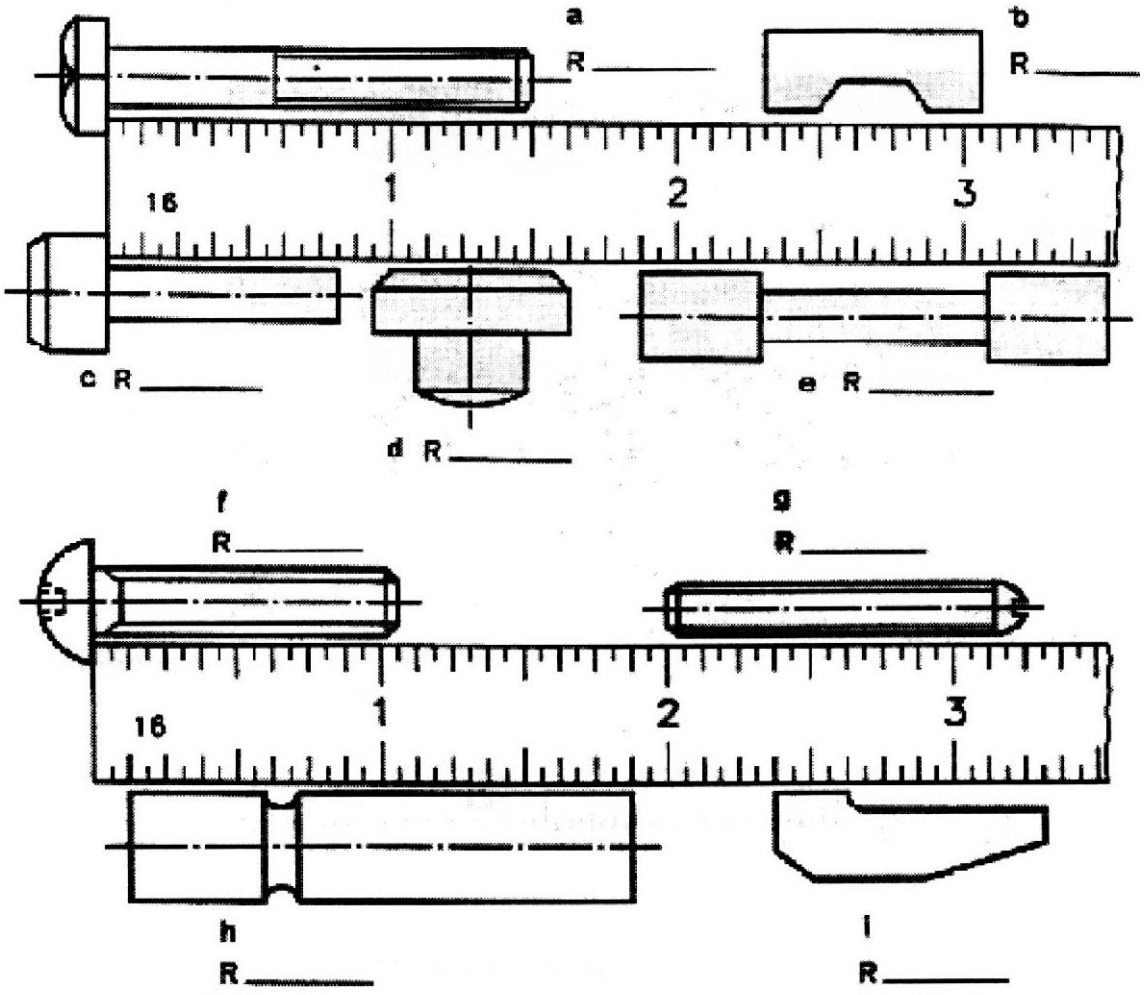


A _____ B _____ C _____ D _____ E _____ F _____

LEITURA NA ESCALA EM POLEGADA

Solucionando Problemas

Faça a leitura de frações de polegada em régua graduada.



PAQUÍMETRO

É um instrumento usado para medir dimensões lineares - internas, externas e de profundidade. Consiste em uma régua graduada, com encosto fixo, na qual desliza uma garra móvel. Abaixo, mostramos um paquímetro de uso geral; daí seu nome: Paquímetro Universal.

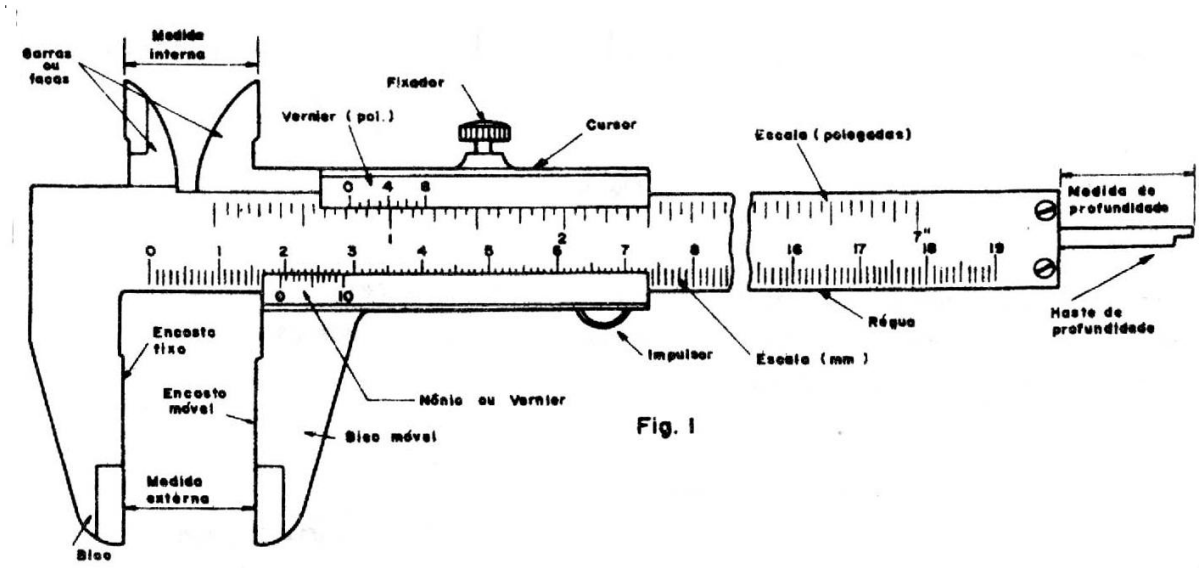
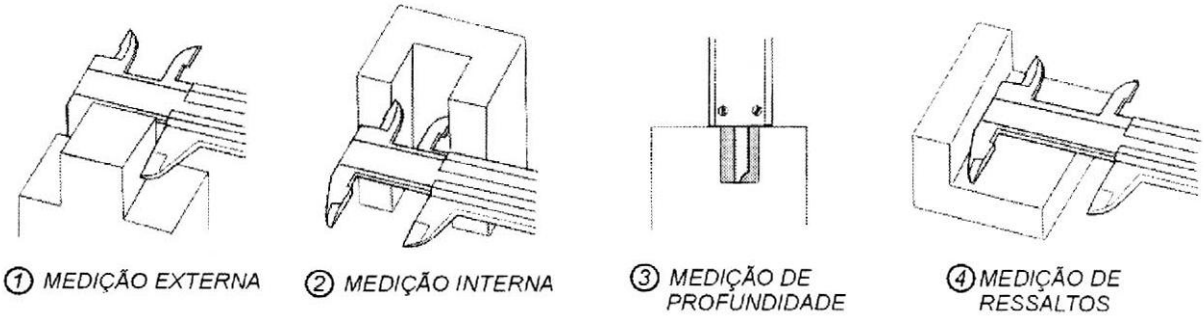


Fig. 1

É um instrumento finamente acabado, com as superfícies planas e polidas. O cursor é ajustado à régua, de modo que permita a sua livre movimentação com um mínimo de folga. Geralmente pe construído de3 aço inoxidável, e suas graduações referem-se a 20ºC. A escala é graduada em milímetros e polegadas, podendo a polegada ser fracionária ou milesimal. O cursor é provido de uma escala, chamada nônio ou vernier, que se desloca em frente às escalas da régua e indica o valor da dimensão tomada.



① MEDIÇÃO EXTERNA ② MEDIÇÃO INTERNA ③ MEDIÇÃO DE PROFUNDIDADE ④ MEDIÇÃO DE RESSALTOS

Hà diferentes tipos de paquímetros, conforme os usos a que se destinam. As figuras 1 a 5 mostram alguns exemplos.

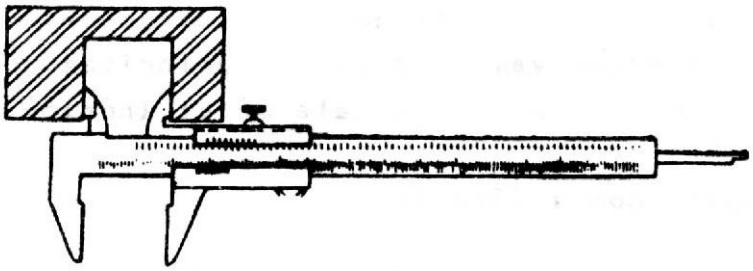


Fig. 1 Paquímetro Universal (medição interna).

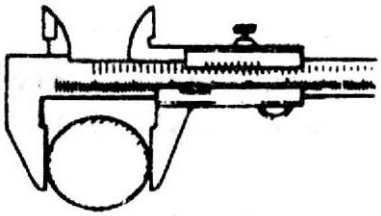


Fig. 2 Paquímetro Universal (medição externa).

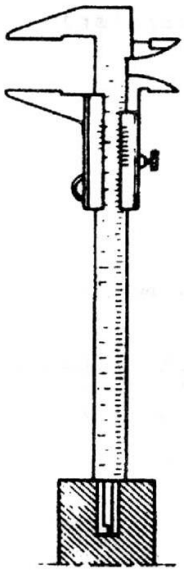


Fig. 3 Paquímetro Universal (medição de profundidade).

O dispositivo de deslocamento mecânico (figura 4) no paquímetro facilita uma medição mais correta, porque determina uma aproximação gradual e suave do encôsto móvel.

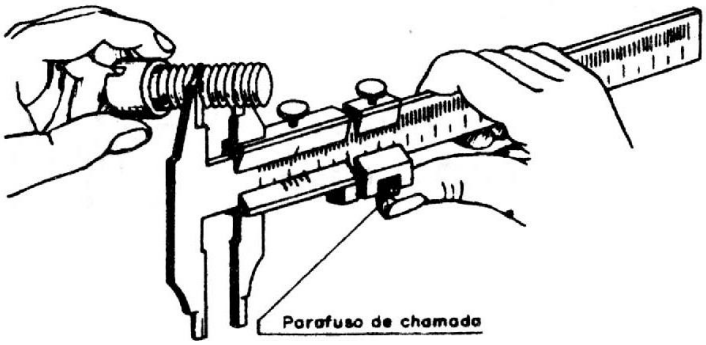


Fig. 4 Paquímetro com dispositivo para deslocamento mecânico.

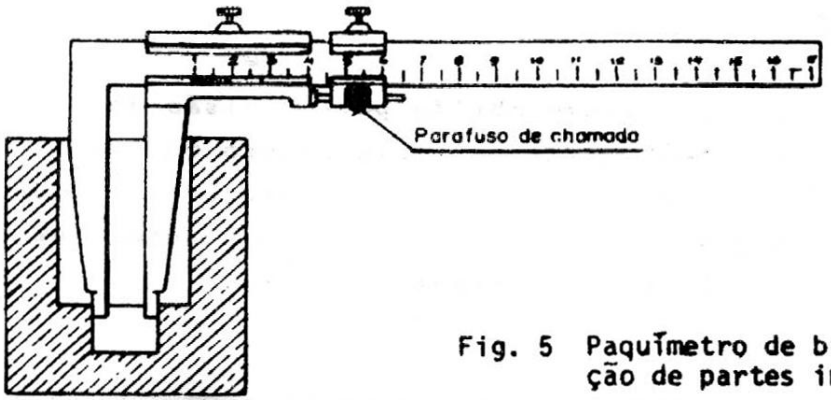
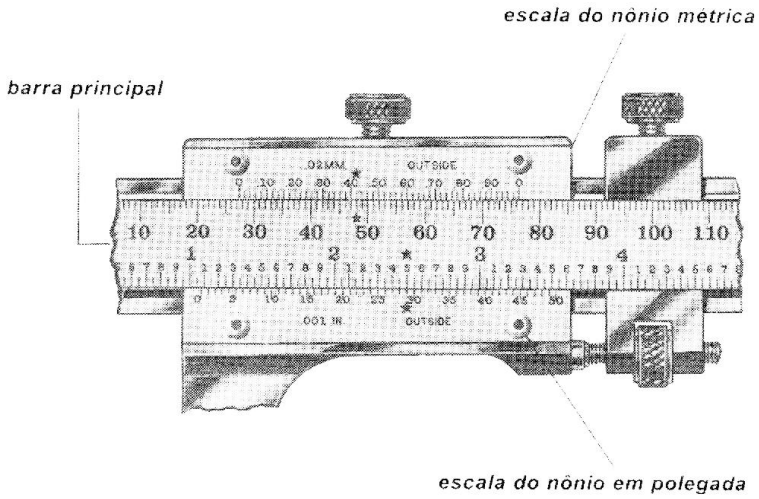
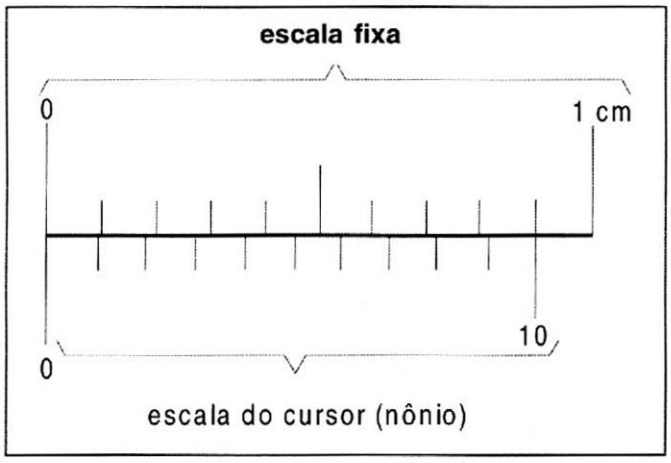


Fig. 5 Paquímetro de bicos alongados (medição de partes internas).

Princípio do nônio

A escala do cursor é chamada de nônio ou vernier, em homenagem a Pedro Nunes e Pierre Vernier, considerados seus inventores.

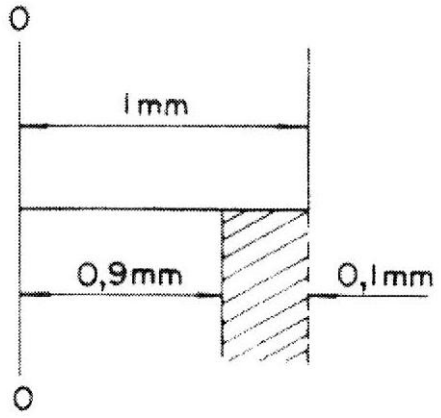




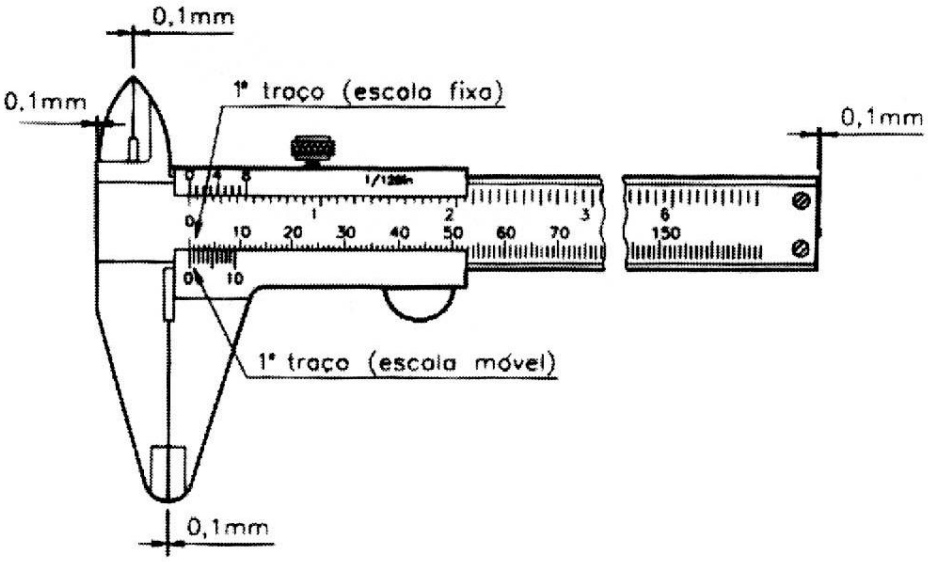
Como podemos ver na figura a seguir, o nônio possui uma divisão a mais que a unidade usada na escala fixa.

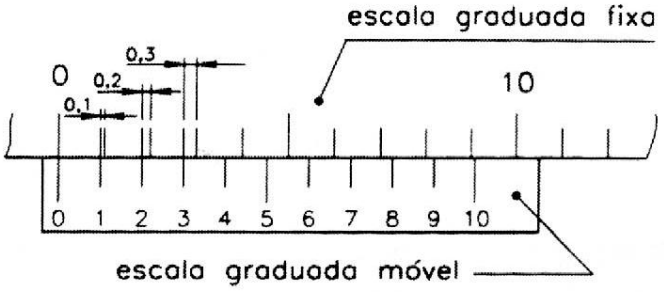
No sistema métrico, existem paquímetros em que o nônio possui dez divisões equivalentes a nove milímetros. É o que nos mostra o detalhe da figura acima.

Há, portanto, uma diferença de 0,1 mm entre o primeiro traço da escala fixa e o primeiro traço da escala móvel. Como mostra a figura a seguir.



Essa diferença é de 0,2 mm entre o segundo traço de cada escala; de 0,3 mm entre os terceiros; e assim por diante...





Cálculo da aproximação

Vimos anteriormente que há diferenças entre a escala fixa e a escala móvel de um paquímetro. Daí a necessidade de se calcular essa aproximação ou diferença. Veja, portanto, como se faz o cálculo da aproximação.

Calcula-se a aproximação de um paquímetro, utilizando a seguinte fórmula:

$$\text{Aproximação} = \frac{\text{valor da menor divisão da escala fixa}}{\text{Número de divisões da escala móvel}}$$

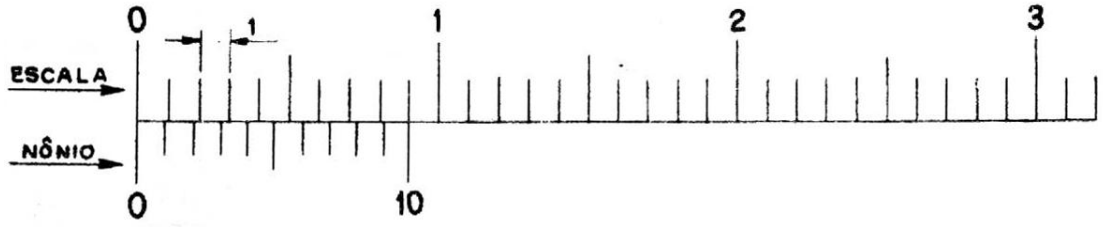
Exemplos:

$$\text{Aproximação} = \frac{1\text{ mm}}{10\text{ divisões}} = 0{,}1\text{ mm}$$

$$\text{Aproximação} = \frac{1\text{ mm}}{20\text{ divisões}} = 0{,}05\text{ mm}$$

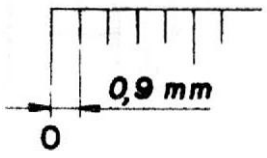
Sistema métrico decimal

Valor de cada traço da escala 1 mm



Comprimento total do nônio 9 mm

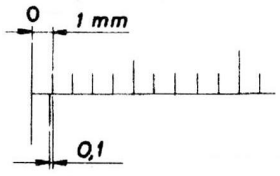
Número de divisões do nônio = 10

NÔNIO 

9 mm ÷ 10 = 0,9 mm

Valor de cada divisão do nônio = 0,9 mm

Valor de cada divisão do nônio = 0,9 mm

ESCALA 

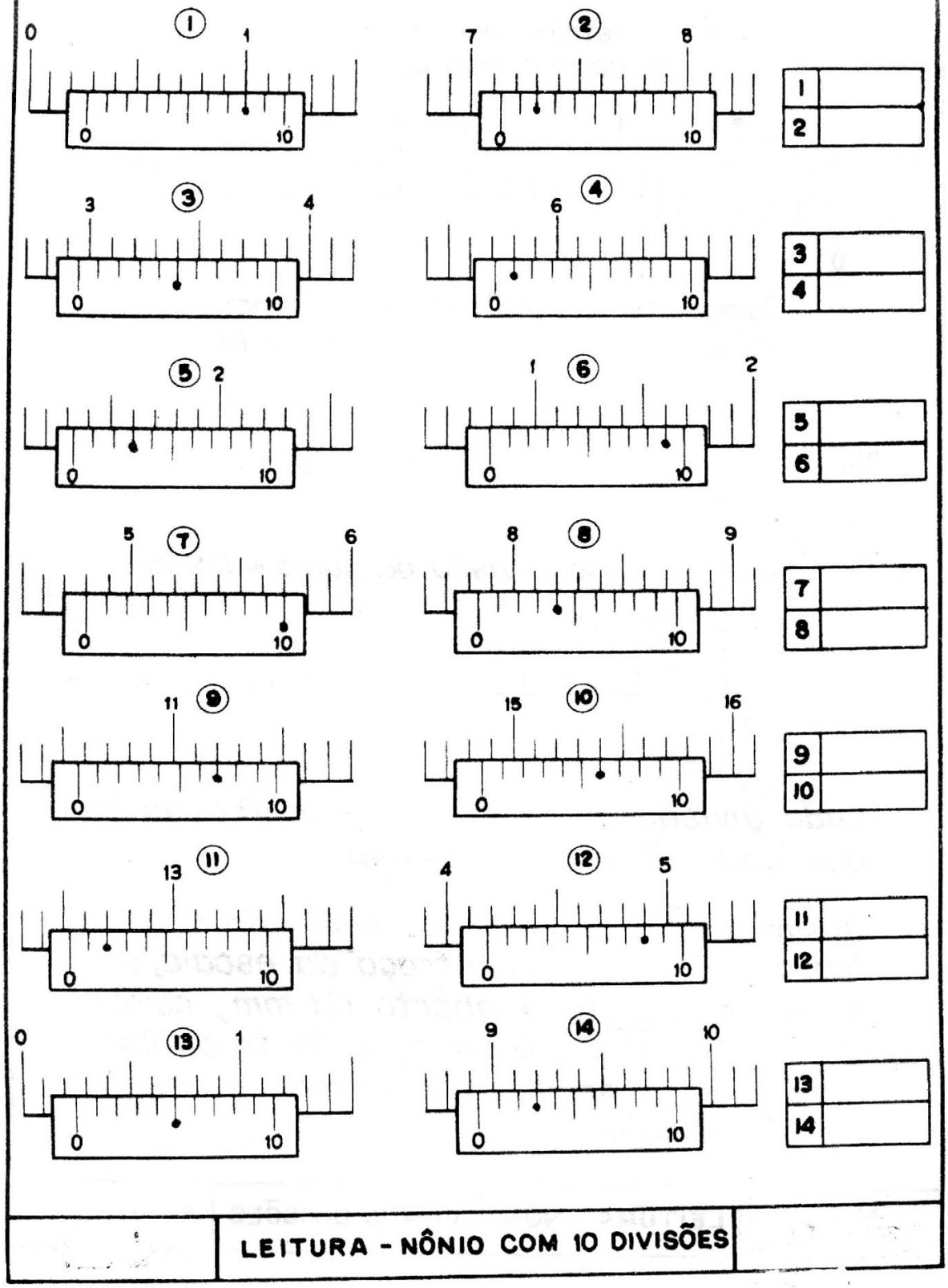
1 mm - 0,9 mm = 0,1 mm

Cada divisão do nônio é menor 0,1 mm do que cada divisão da escala.

Assim sendo, se fizermos coincidir o 1º traço do nônio com o traço da escala, o paquímetro estará aberto 0,1 mm; coincidindo o 2º traço, 0,2 mm; o 3º traço indicará uma abertura de 0,3 mm, e assim sucessivamente.

Solucionando Problemas

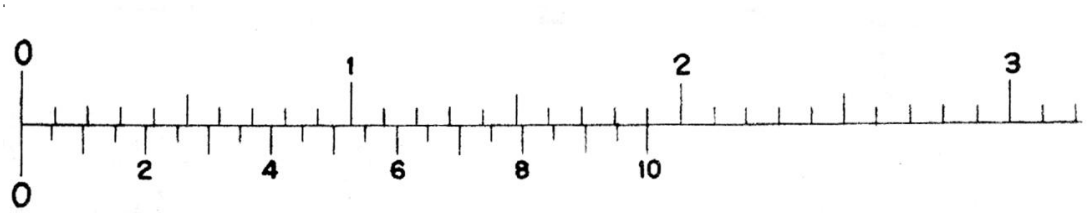
PAQUÍMETRO MILIMÉTRICO



LEITURA - NÔNIO COM 10 DIVISÕES

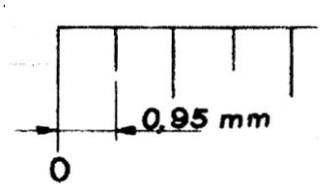
Sistema métrico decimal

Valor de cada traço da escala 1 mm



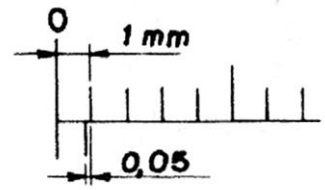
Comprimento total do nônio 19 mm

Número de divisões do nônio = 20

NÔNIO 

19 mm ÷ 20 = 0,95 mm

Valor de cada divisão do nônio = 0,95 mm

ESCALA 

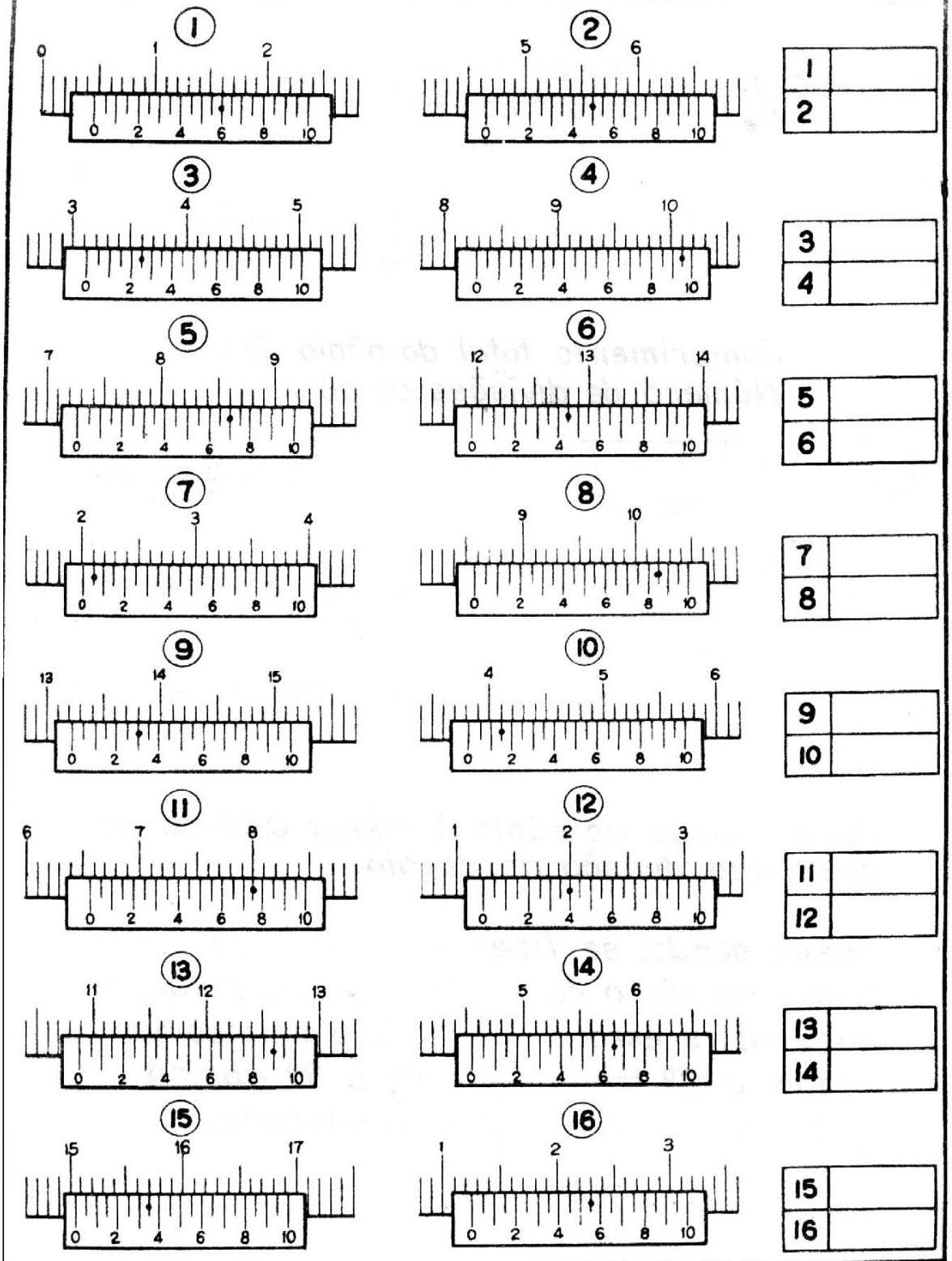
1 mm - 0,95 mm = 0,05 mm

Cada divisão do nônio é menor 0,05 mm do que cada divisão da escala.

Assim sendo, se fizermos coincidir o 1º traço do nônio com o 1º traço da escala, o paquímetro estará aberto 0,05 mm; coincidindo o 2º traço 0,1 mm; o 3º abrirá 0,15 mm, e assim sucessivamente.

Solucionando Problemas

PAQUÍMETRO MILIMÉTRICO

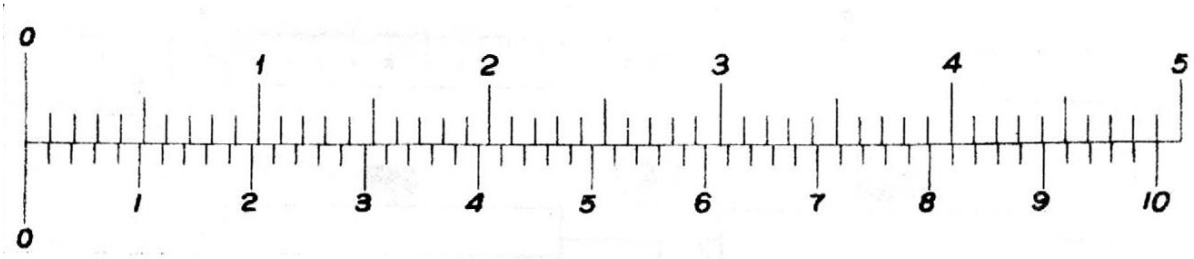


1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	

LEITURA - NÔNIO COM 20 DIVISÕES

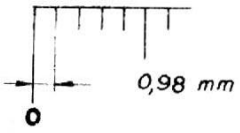
Sistema métrico decimal

Valor de cada traço da escala 1 mm

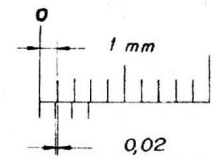


Comprimento total do nônio 49 mm

Número de divisões do nônio = 50

NÔNIO  49 mm ÷ 50 = 0,98 mm

Valor de cada divisão do nônio = 0,98 mm

ESCALA  1 mm - 0,98 mm = 0,02 mm

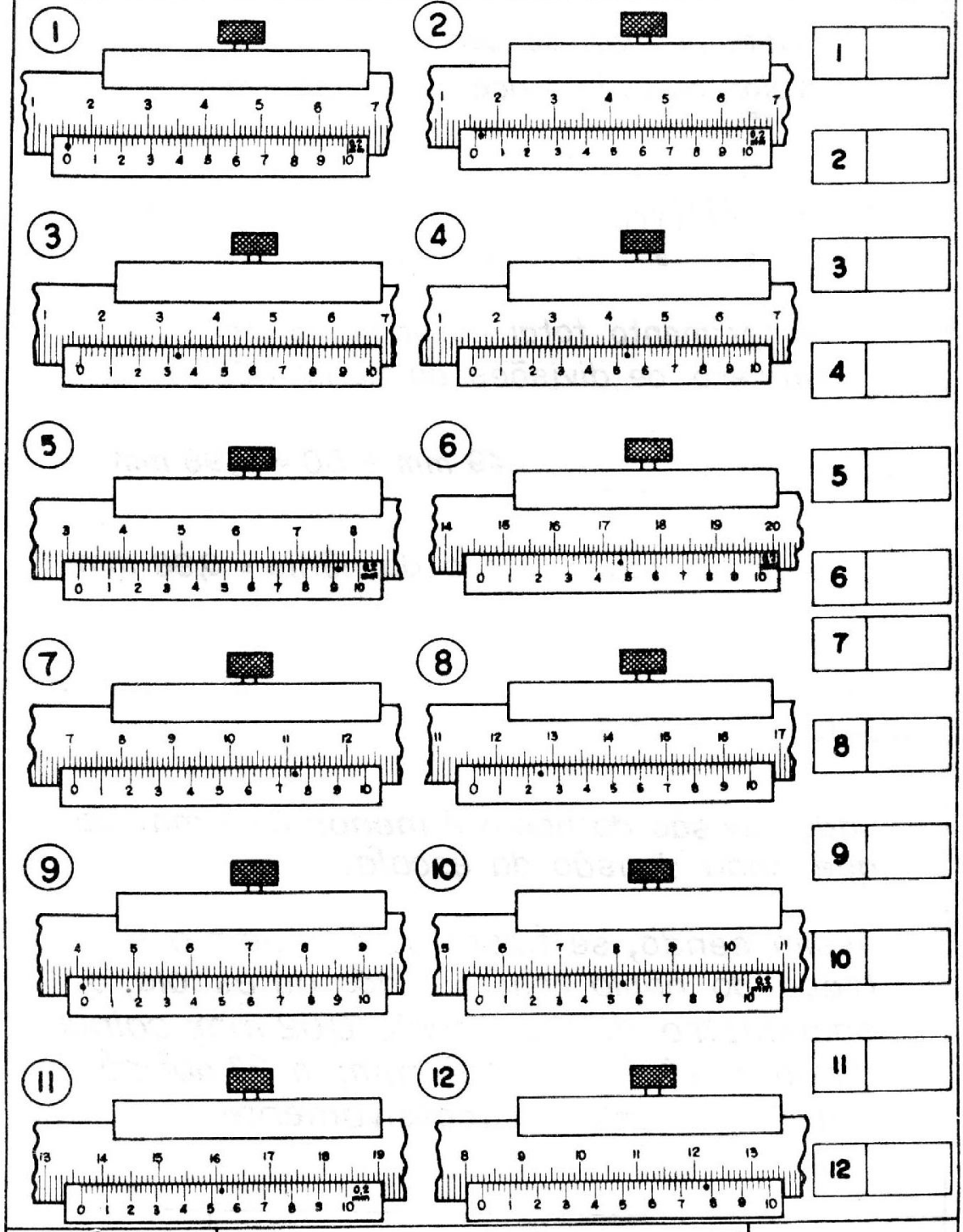
NÔNIO

Cada divisão do nônio é menor 0,02 mm do que cada divisão da escala.

Assim sendo, se fizermos coincidir o 1º traço do nônio com o traço da escala, o paquímetro estará aberto 0,02 mm; coincidindo o 2º traço 0,04 mm; o 3º abrirá 0,06 mm, e assim sucessivamente.

Solucionando Problemas

PAQUÍMETRO MILIMÉTRICO



1 ____

2 ____

3 ____

4 ____

5 ____

6 ____

7 ____

8 ____

9 ____

10 ____

11 ____

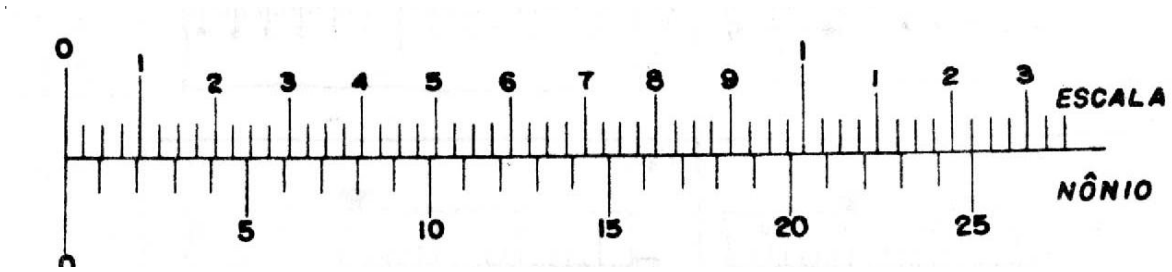
12 ____

LEITURA - NÔNIO COM 50 DIVISÕES

Paquímetro com frações decimais de polegada

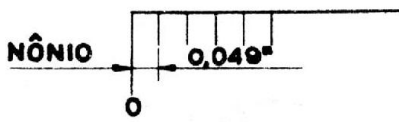
Sistema inglês decimal

Valor de cada traço da escala 0,025”



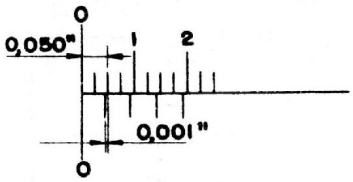
Comprimento total do nônio = 1225”

Número de divisões do nônio = 25



1225 ÷ 25 = 0,049 “

Valor de cada divisão do nônio = 0,049”



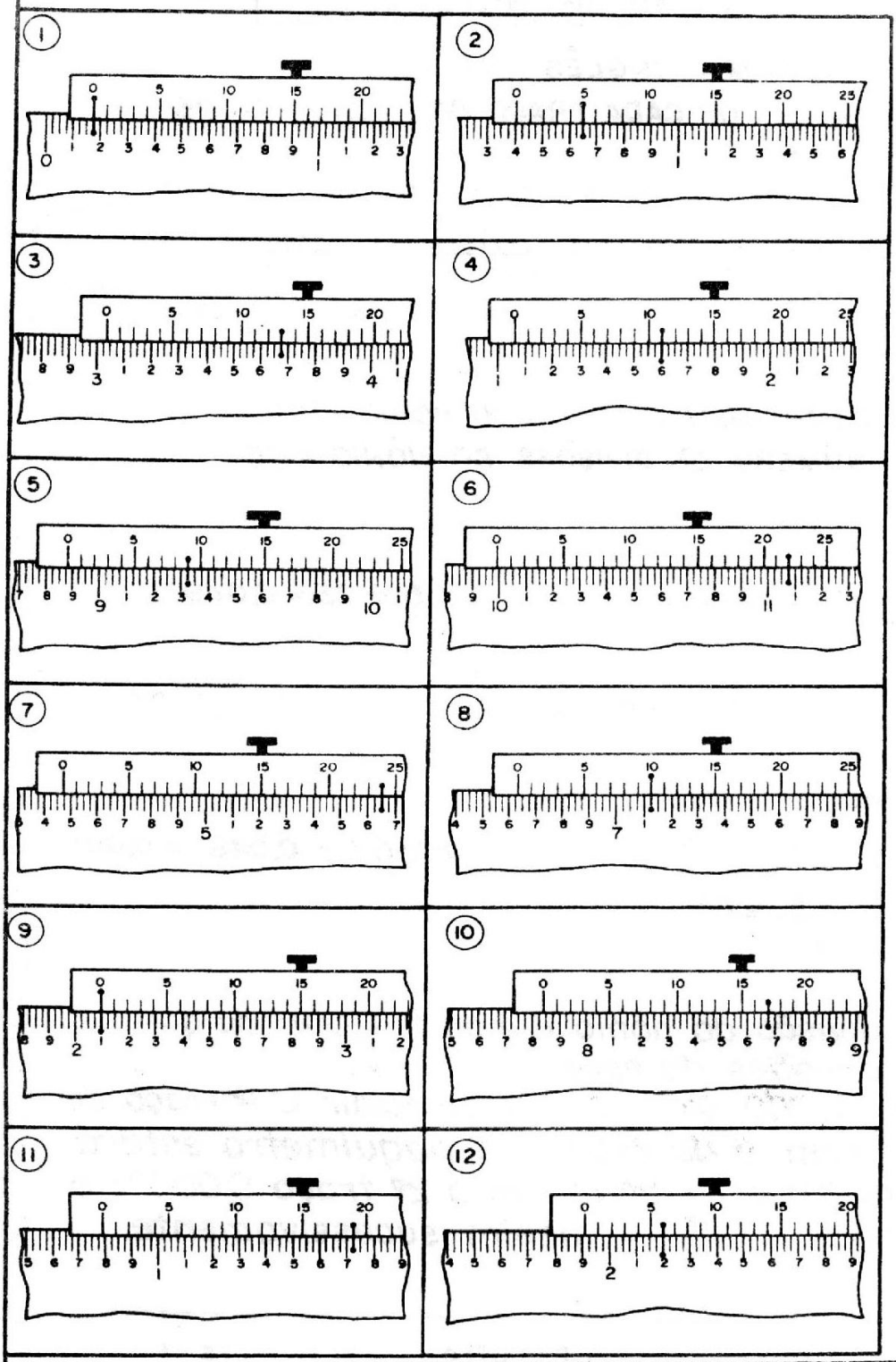
0,050” - 0,049” = 0,001

Cada divisão do nônio é menor 0,001” do que duas divisões da escala.

Assim sendo, se fizermos coincidir o 1º traço do nônio com o da escala, o paquímetro estará aberto 0,001”; coincidindo o 2º traço 0,002”; o 3º abrirá 0,003”, e assim sucessivamente.

Solucionando Problemas

PAQUÍMETRO COM FRAÇÕES DECIMAIS DA POLEGADA



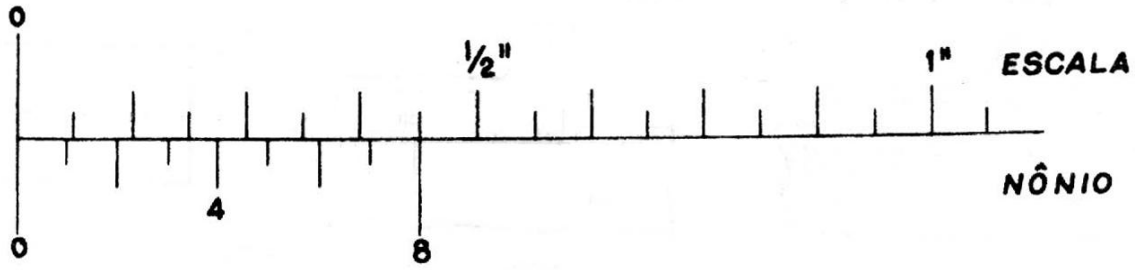
RESPOSTAS

1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	

Leitura

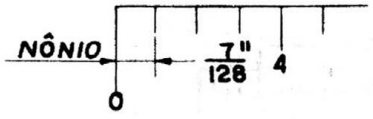
Sistema inglês ordinário

Valor de cada traço da escala $\frac{1"}{16}$



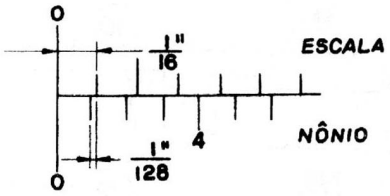
Comprimento total do nônio = $\frac{7"}{16}$

Número de divisões do nônio = 8



$\frac{7"}{16} \div 8 \quad \frac{7"}{16} \times \frac{1"}{8} = \frac{7"}{128}$

Valor de cada divisão do nônio = $\frac{7"}{128}$



$\frac{1"}{16} - \frac{7"}{128} = \frac{8"}{128} - \frac{7"}{128}$

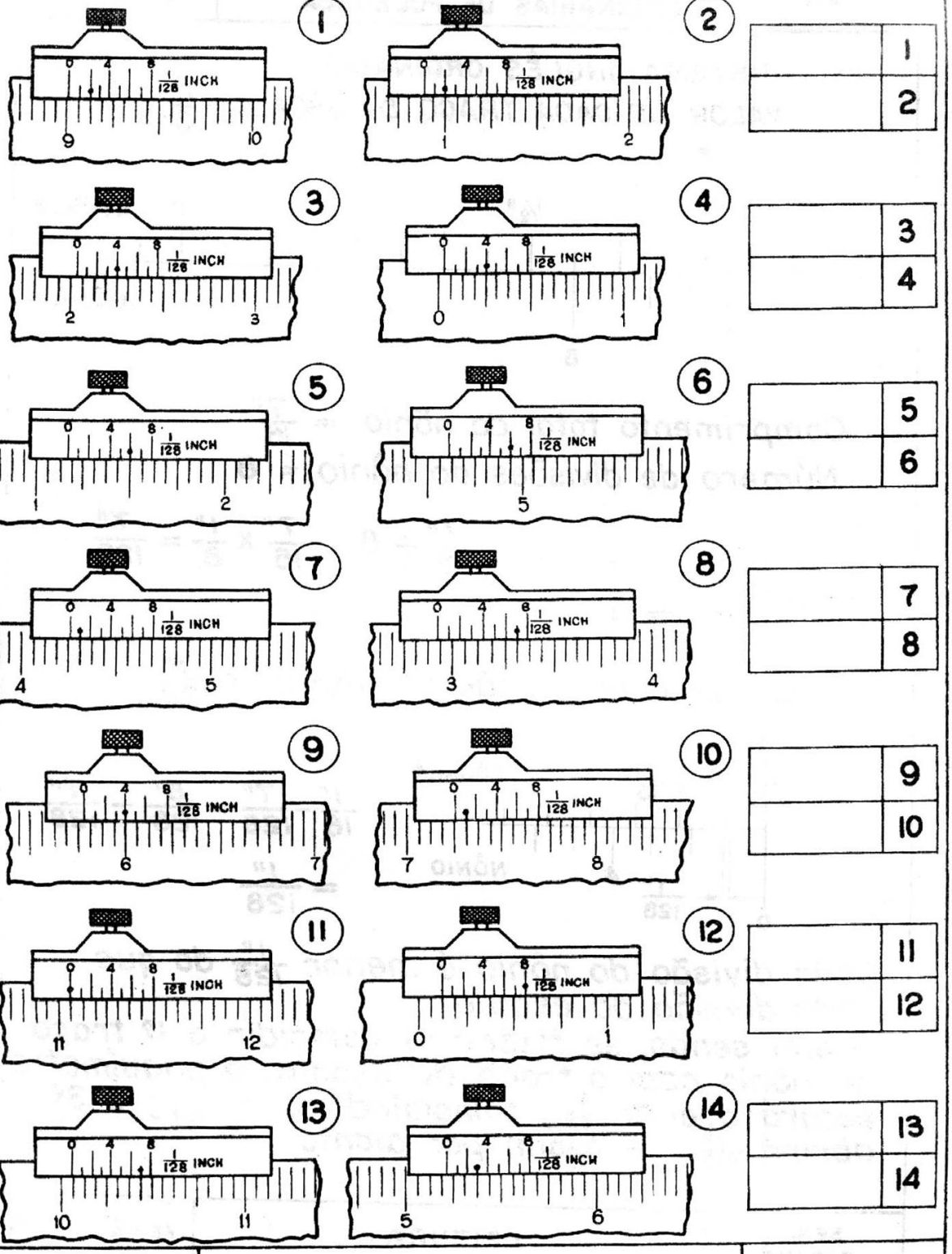
$= \frac{1"}{128}$

Cada divisão do nônio é menor $\frac{1"}{128}$ do que cada divisão da escala.

Assim sendo, se fizermos coincidir o 1º traço do nônio com o traço da escala, o paquímetro estará aberto $\frac{1"}{128}$; coincidindo o 2º $\frac{1"}{64}$; o 3º abrirá $\frac{3"}{128}$; e assim por diante.

Solucionando Problemas

PAQUÍMETRO COM FRAÇÕES ORDINÁRIAS DE POLEGADA



	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14

Leitura

MICRÔMETRO

A precisão de medição que se obtém com o paquímetro, às vezes, não é suficiente. Para medições mais rigorosas, utiliza-se o micrômetro, que assegura uma exatidão de 0,01 mm.

O micrômetro é um instrumento de dimensão variável que permite medir, por leitura direta, as dimensões reais com uma aproximação de até 0,001 mm (fig. 1).

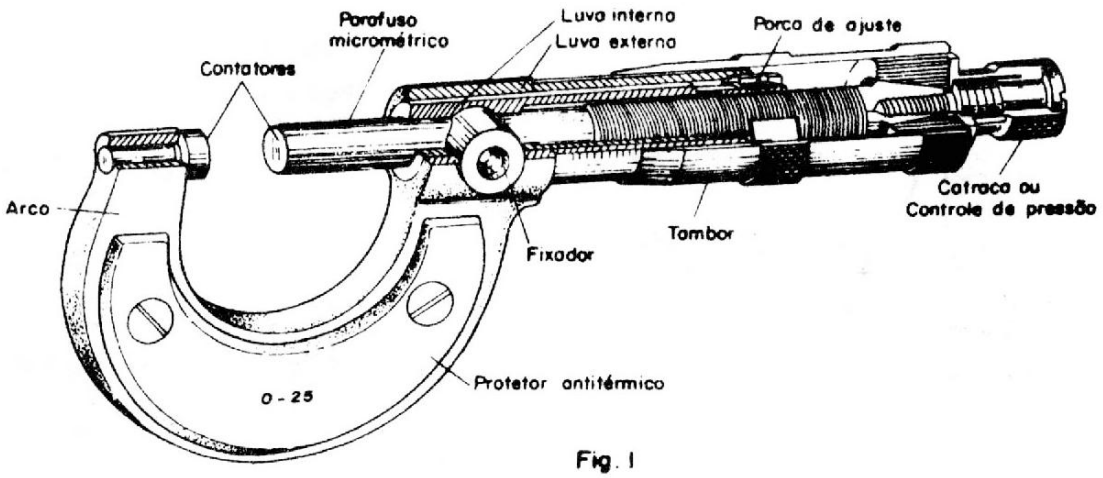


Fig. 1

O princípio utilizado é o do sistema parafuso e porca. Assim, se, numa porca fixa, um parafuso der um giro de uma volta, haverá um avanço de uma distância igual ao seu passo.

OBSERVAÇÃO

Atualmente não se emprega mais a palavra “micron” nem o símbolo μ. Usamos a palavra “micrômetro” e o símbolo μm.

Exemplo:

0,015 mm = 15 μm (quinze micrômetros)

Aplicações

As figuras 2 a 8 mostram as principais aplicações do micrômetro.

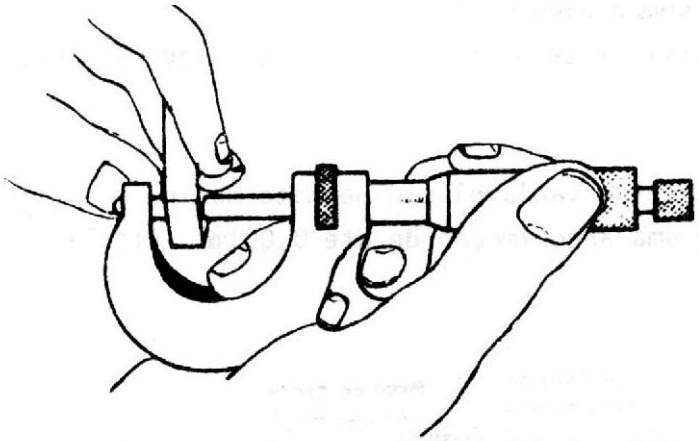


Fig. 2 Medição da espessura de um bloco.

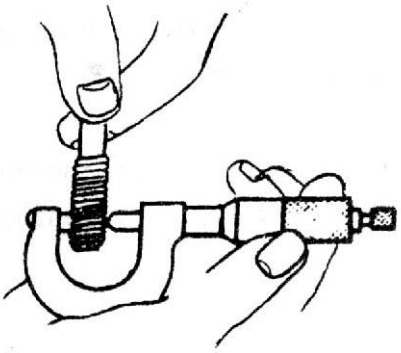


Fig. 3
Medição do diâmetro de uma rôsca.

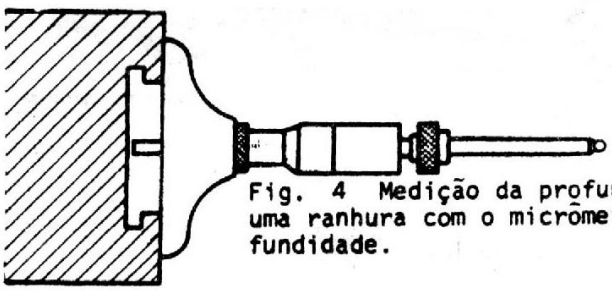


Fig. 4 Medição da profundidade de uma ranhura com o micrômetro de profundidade.

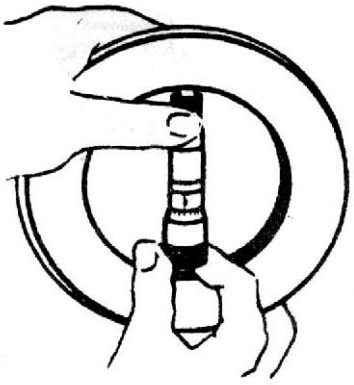


Fig. 5 Medição de um diametro com o micrômetro tubular.

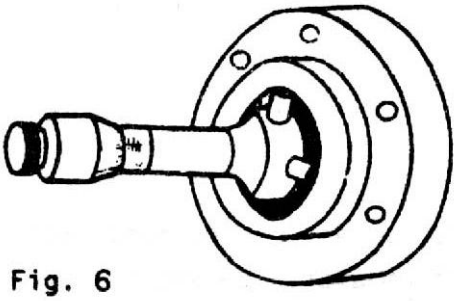


Fig. 6
Uso do "Imicro"(três contatos) na medição de um diâmetro interno.

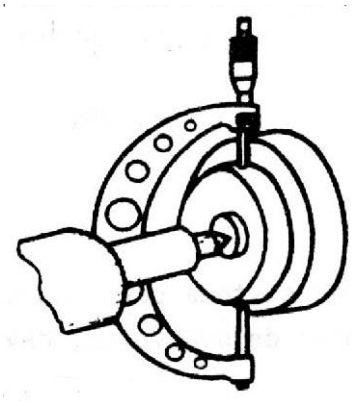


Fig. 7 Uso do micrômetro de grande capacidade para medir os diametros de uma peça montada num tôrno.

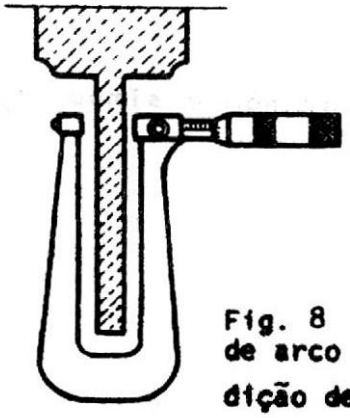


Fig. 8 Uso do micrômetro de arco profundo, numa medição de parte saliente.

Atualmente existe micrômetro interno (imicro) especial com a cabeça intercambioável, que pode ser adaptado para medir furos passantes, furos cegos, furos com ranhuras e pistas para rolamentos.

Inicialmente observaremos as divisões da escala da luva. Nas figuras 1 e 2, mostramos a escala da luva do micrômetro com os traços em posições diferentes, porém sem alterar a distância entre si.

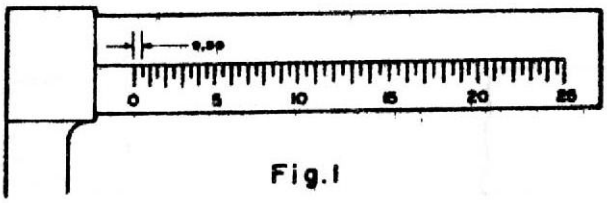


Fig.1

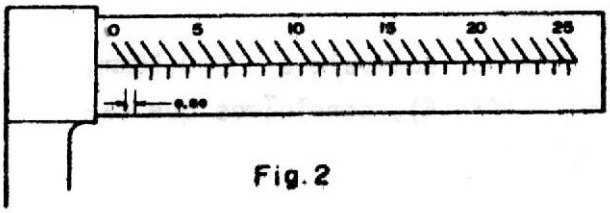


Fig.2

Sabendo-se que, nos micrômetros dos sistema métrico, o comprimento da escala da luva mede 25,00 mm, se dividirmos o comprimento da escala pelo nº de divisões existentes, encontraremos o valor da distância entre as divisões (0,50 mm), que é igual ao passo do parafuso micrométrico (fig.3).

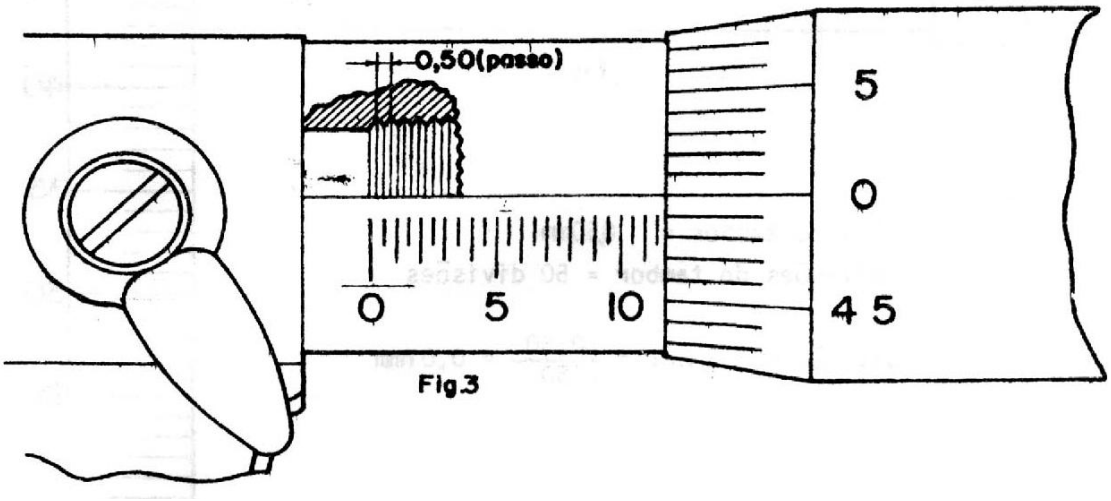


Fig.3

Estando o micrômetro fechado, dando uma volta completa no tambor rotativo, teremos um deslocamento do parafuso micrométrico igual ao seu passo (0,50 mm), aparecendo o primeiro traço na escala da luva (fig. 4). A leitura da medida será 0,50 mmm. Dando-se duas voltas completas, asparecerá o segundo traço, e a leitura será 1,00 (fig. 5). E assim sucessivamente.

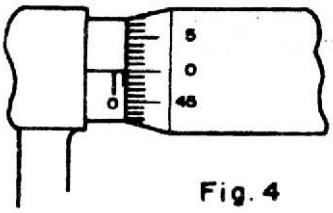


Fig. 4

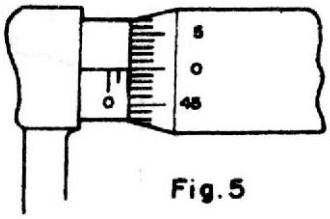


Fig. 5

Leitura do tambor

Sabendo que uma volta no tambor equivale a 0,50 mm, tendo o tambor 50 divisões (fig. 6), concluímos que cada divisão equivale a 0,01 mm.

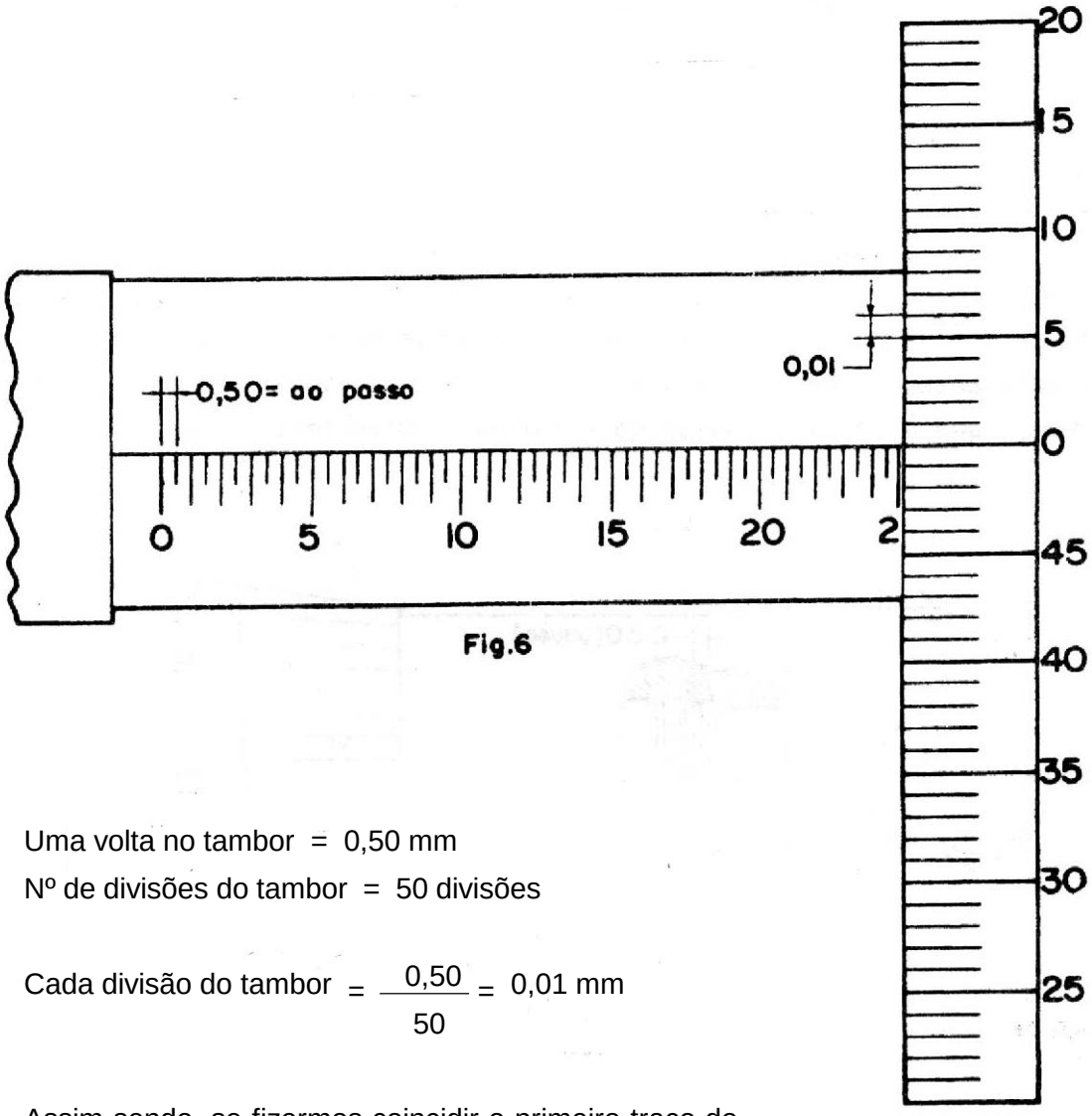


Fig.6

Uma volta no tambor = 0,50 mm
Nº de divisões do tambor = 50 divisões

$$\text{Cada divisão do tambor} = \frac{0{,}50}{50} = 0{,}01 \text{ mm}$$

Assim sendo, se fizermos coincidir o primeiro traço do tambor com a linha de referência da luva, a leitura será 0,01 mm (fig.7), o segundo traço 0,02 mm (fig. 8), o quadragésimo nono traço 0,49 mm (fig. 9).

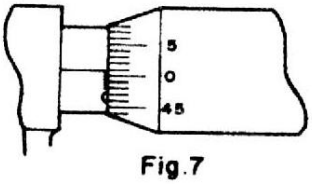


Fig.7

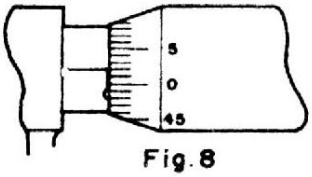


Fig.8

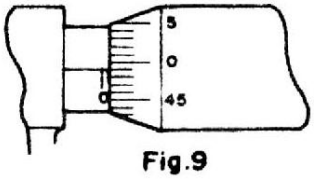


Fig.9

Sabendo a leitura da escala da luva e do tambor, podemos ler qualquer medida registrada no micrômetro (fig. 10).

Leitura da escala da luva = 8,50 mm

Leitura do tambor = 0,32 mm

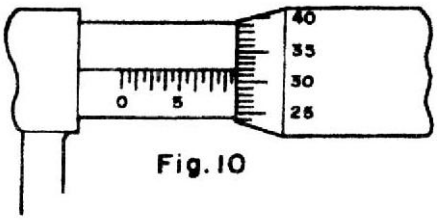


Fig. 10

Para efetuarmos a leitura da medida, somamos a leitura da escala da luva com a do tambor: 8,50 + 0,32 = 8,82 mm.

Na figura 11, mostramos outro exemplo, com a utilização de um micrômetro em que a escala da luva apresaenta a posição dos traços de forma diferente.

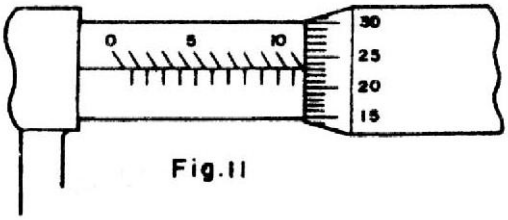


Fig. 11

Leitura da escala da luva = 11,00 mm

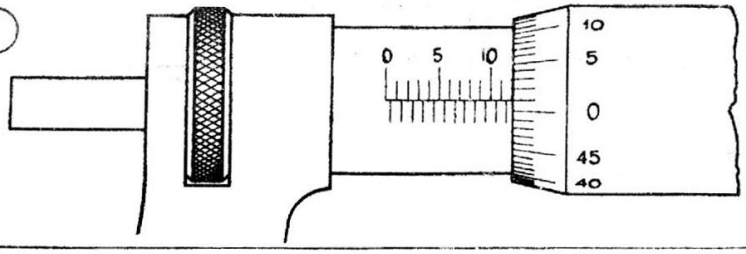
Leitura do tambor = 0,23 mm

Leitura da medida 11,23 mm

Solucionando Problemas

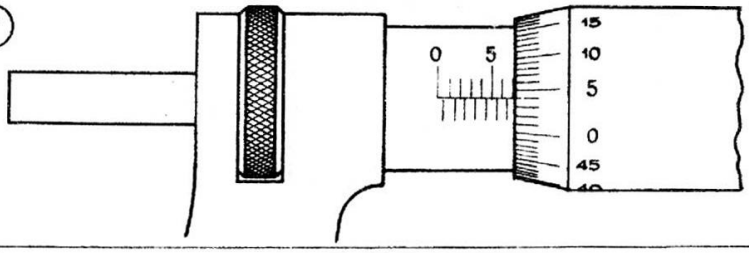
MICRÔMETRO MILIMÉTRICO

1



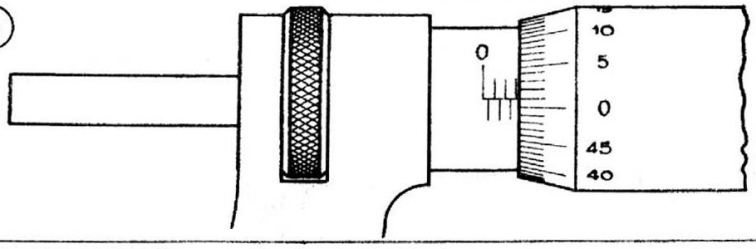
1

2



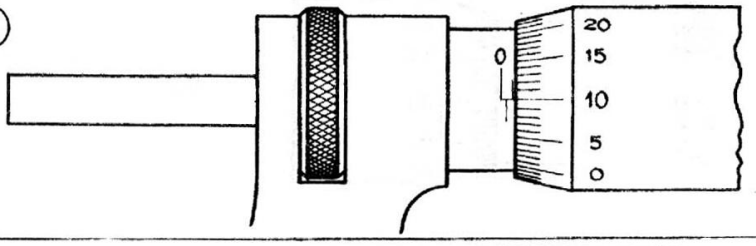
2

3



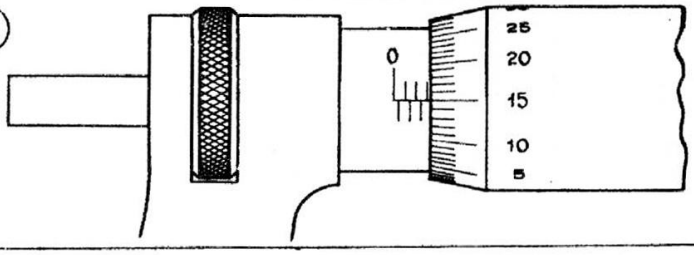
3

4



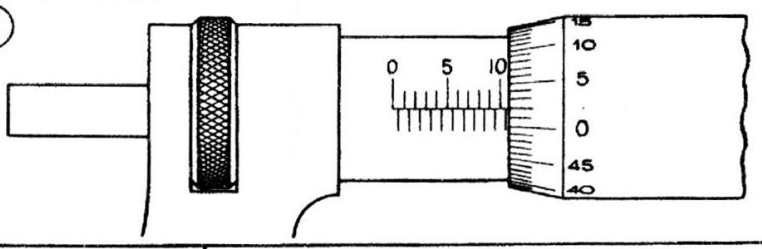
4

5



5

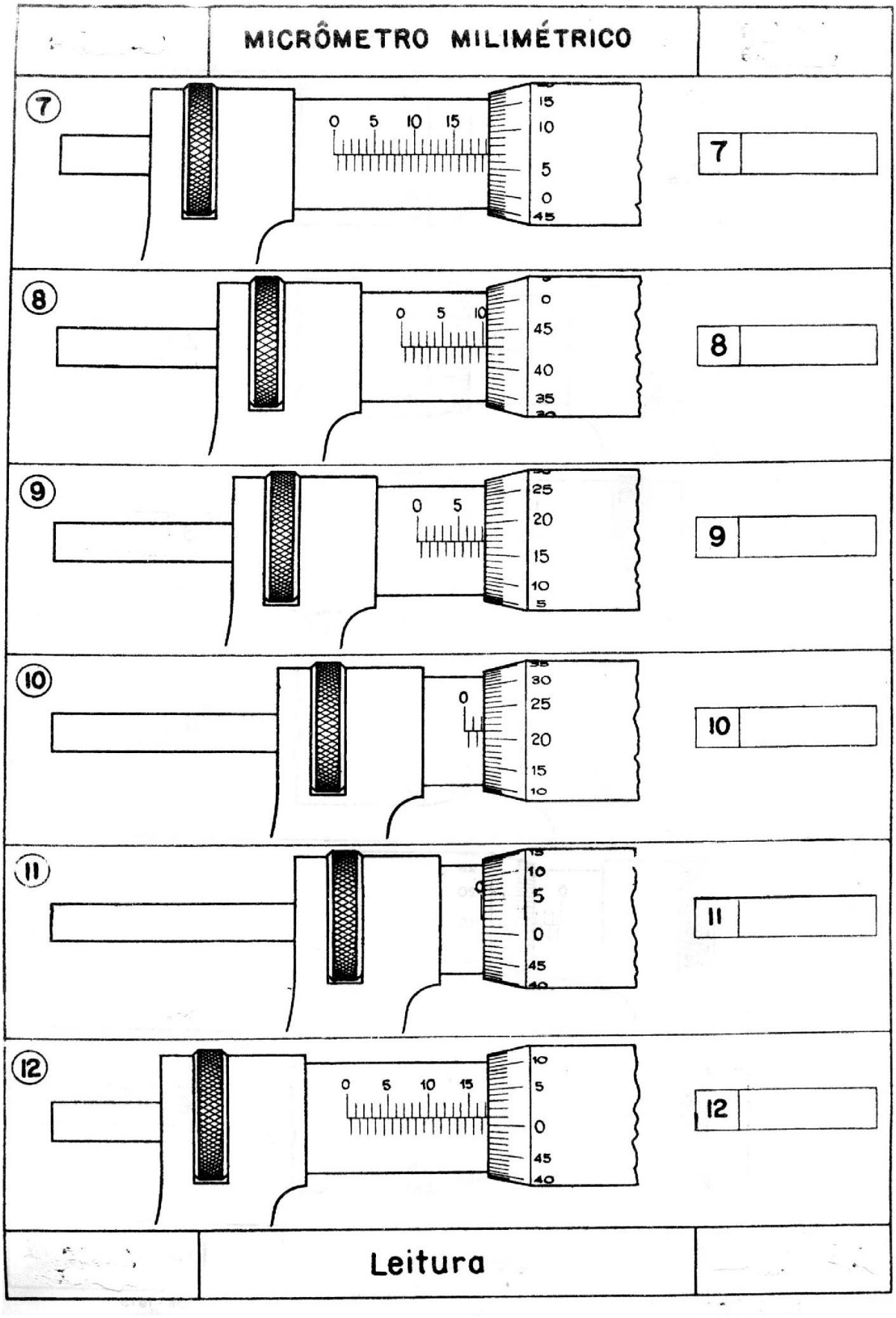
6



6

Leitura

Solucionando Problemas



Micrômetro em polegadas

Para efetuarmos leitura com o micrômetro do sistema inglês decimal, é necessário conhecermos inicialmente as divisões da escala da luva (fig. 1).

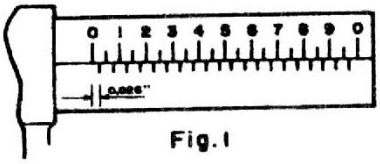


Fig.1

$\frac{1"}{40 \text{ DIVISÕES}} = 0{,}025"$

Conforme mostra a figura 1, a escala da luva é formada por uma reta longitudinal (linha de referência), na qual o comprimento de 1” é dividido em 40 partes iguais. Daí concluímos que a distância entre as divisões da escala da luva é igual a 0,025”, que corresponde ao passo do parafuso micrométrico (fig. 2).

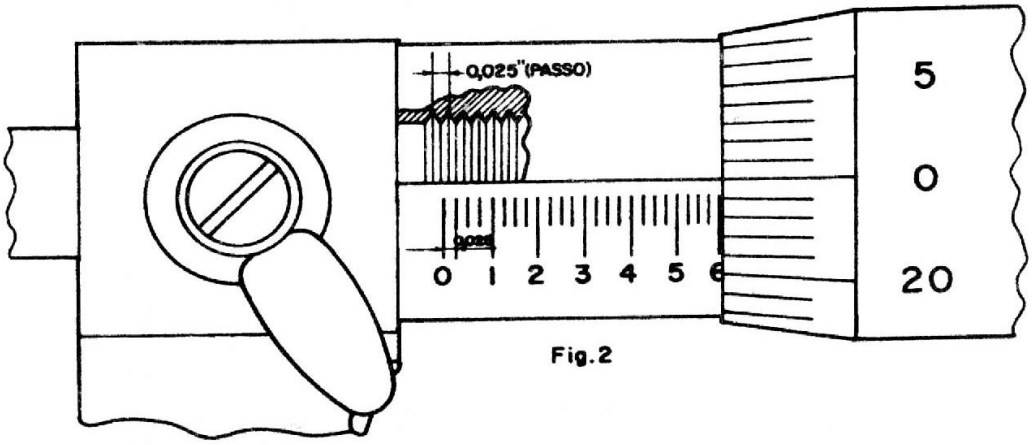


Fig.2

OBSERVAÇÃO

De acordo com os diversos fabricantes de instrumentos de medição, a posição dos traços da divisão da escala da luva dos micrômetros se apresenta de formas diferentes, não alternando, porém, a distância entre si (figs. 1 e 2).

Estando o micrômetro fechado, se dermos uma volta compoleta nio tambor ortativo, teremos um deslocamento do parafuso micrométrico igual ao seu passo (0,025”), aparecendo o primeiro traço na escala da luva (fig.3). A leitura da medida será 0,025”. Dando-se duas voltas completas, aparecerá o segundo traço: a leitura da medida será 0,050” (fig. 4). E assim sucessivamente.

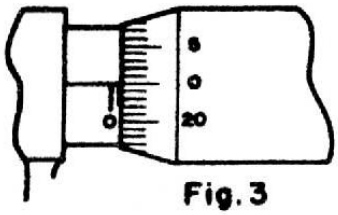


Fig. 3

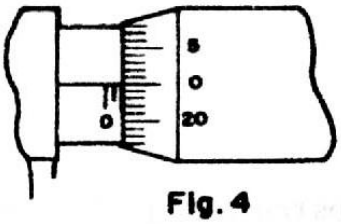


Fig. 4

Leitura do tambor

Sabendo-se que uma volta no tambor equivale a 0,025”, tendo o tambor 25 divisões (fig. 5), conclui-se que cada divisão do tambor equivale a 0,001”.

Uma volta no tambor = 0,025”

Nº de divisões do tambor = 25

$$\text{Cada divisão do tambor} = \frac{0{,}0025”}{25} = 0{,}001”$$

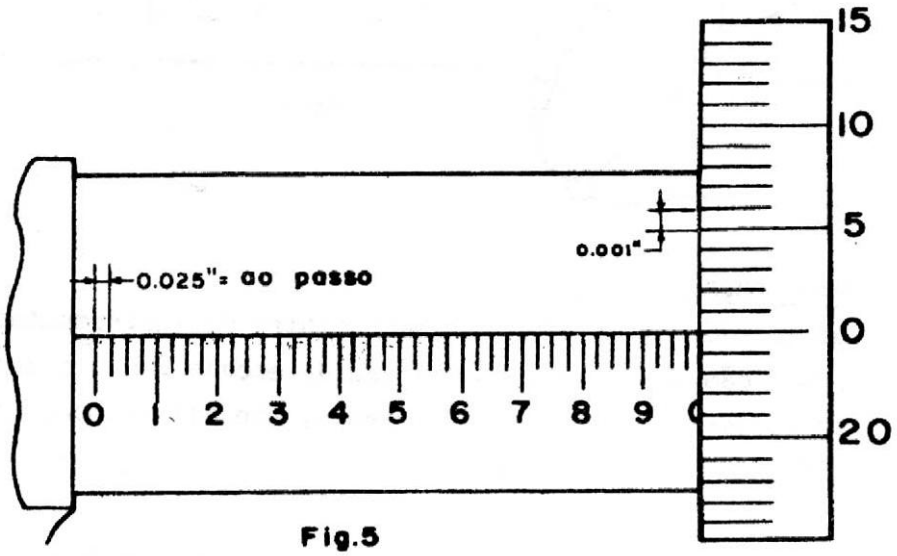


Fig.5

Assim sendo, se fizermos coincidir o primeiro traço do tambor com a linha de referência da luva, a leitura será 0,001” (fig.6), o segundo traço 0,002” (fig. 7), o vigésimo quarto traço 0,024” (fig. 8).

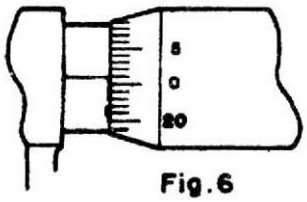


Fig.6

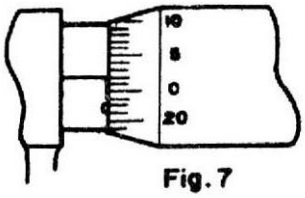


Fig.7

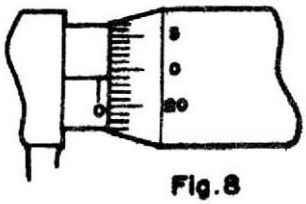


Fig.8

Sabendo-se a leitura da escala da luva e do tambor, podemos ler qualquer medida registrada no micrômetro (fig. 9).

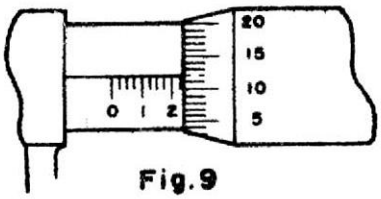


Fig.9

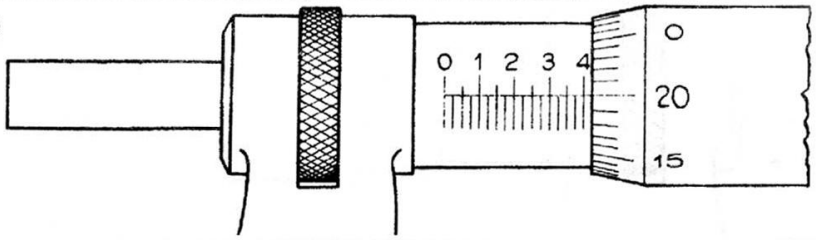
Leitura da escala da luva = 0,225”
Leitura do tambor = 0,012”

Para efetuarmos a leitura da medida, soma-se a leitura da escala da luva com a do tambor: 0,225” + 0,012” = 0,237” (fig.9)

Solucionando Problemas

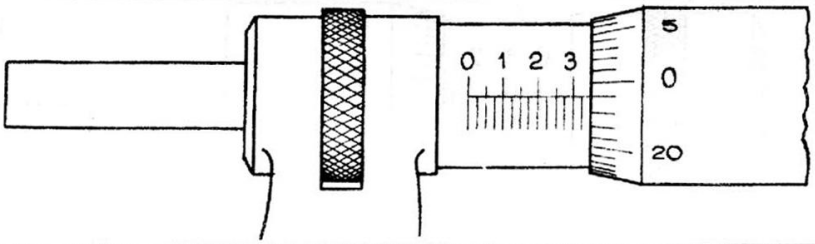
MICRÔMETRO EM POLEGADAS

1



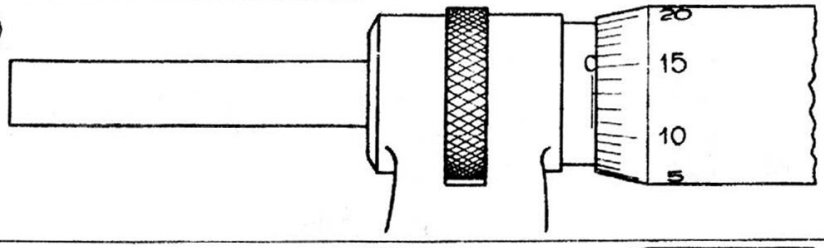
1

2



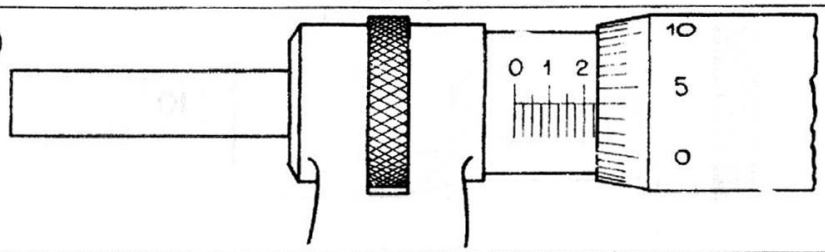
2

3



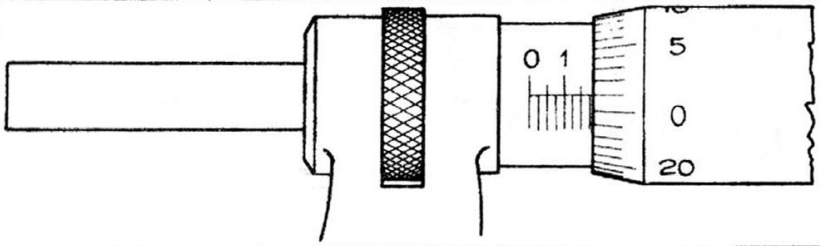
3

4



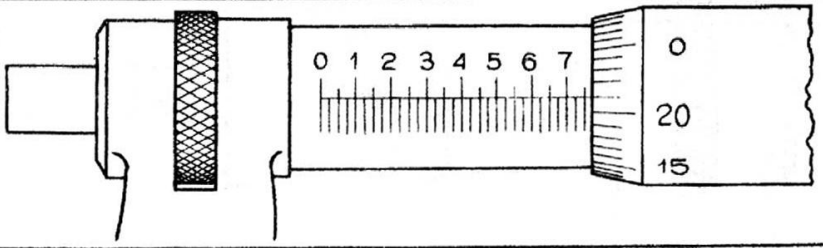
4

5



5

6



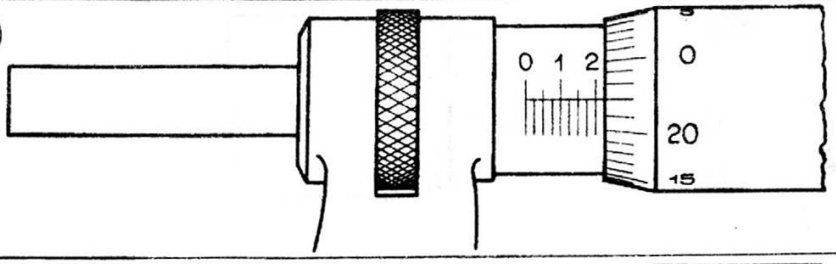
6

Leitura

Solucionando Problemas

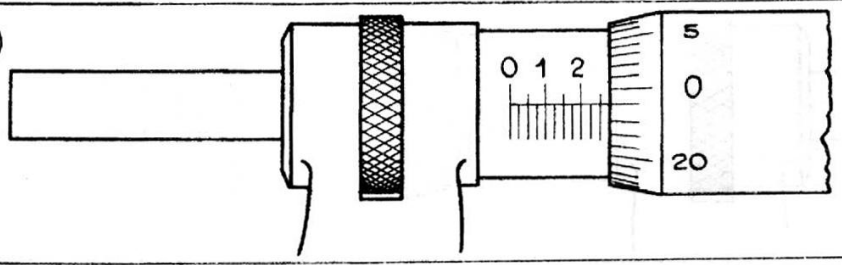
MICRÔMETRO EM POLEGADAS

7



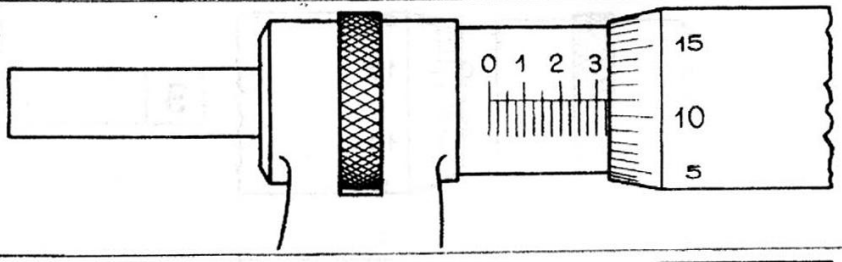
7

8



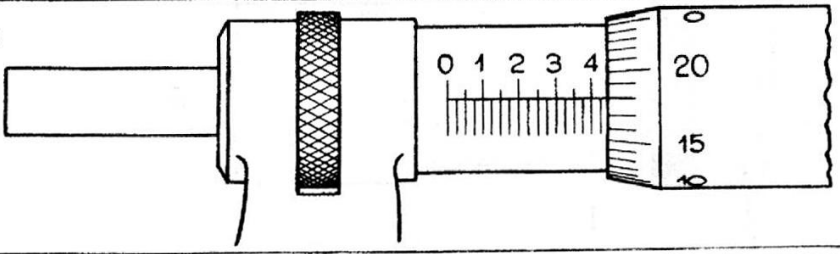
8

9



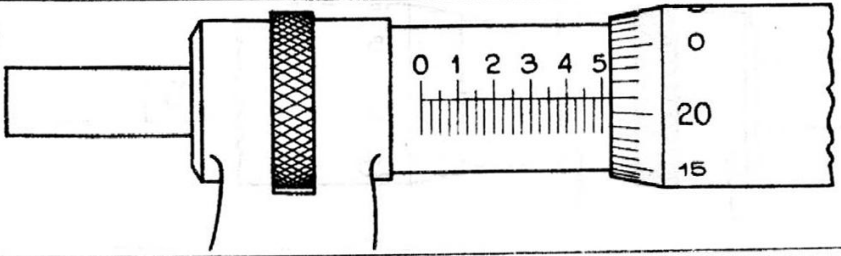
9

10



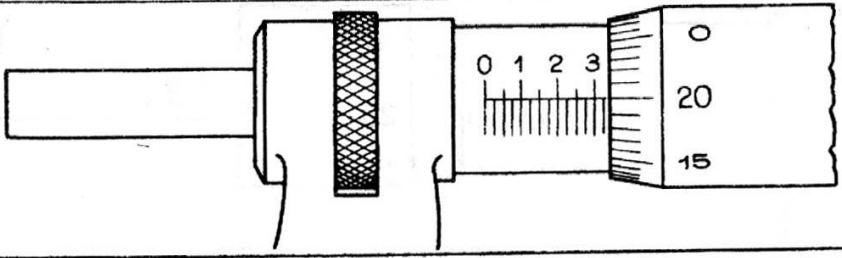
10

11



11

12



12

Leitura

GONIÔMETRO

O goniômetro é um instrumento que serve para medir ou verificar ângulos.

Na figura 1, temos um goniômetro de precisão. O disco graduado e o esquadro formam uma só peça, apresentando quatro graduações de 0º a 90º. O articulador gira com o disco do vernier, e, em sua extremidade, há um ressalto adaptável à régua.

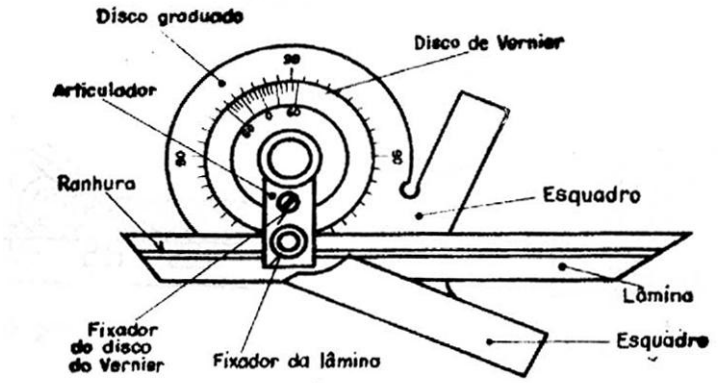


FIG. 1 - GONIÔMETRO DE VERNIER

Para usos comuns, em casos de medidas angulares que não exijam extremo rigor, o instrumento indicado é o goniômetro simples (transferidor de grau) (figuras 2, 3 e 4).

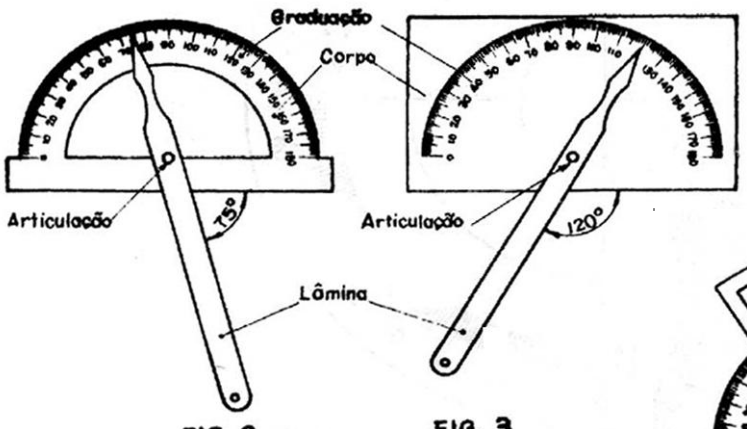


FIG. 2

FIG. 3

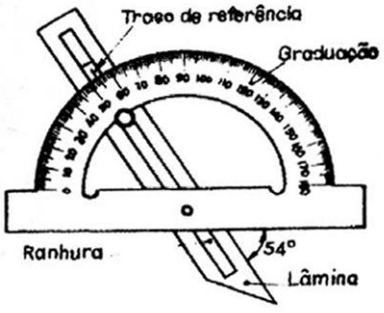


FIG. 4

As figuras de 5 a 9 dão exemplos de diferentes medições de ângulos de peças ou ferramentas, mostrando várias posições da lâmina.

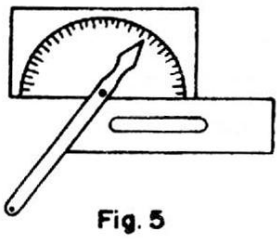


Fig. 5

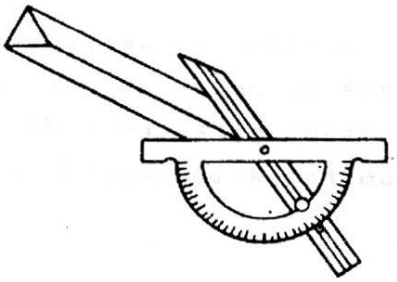


Fig. 6

Fig. 7

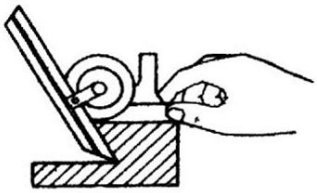


Fig. 8

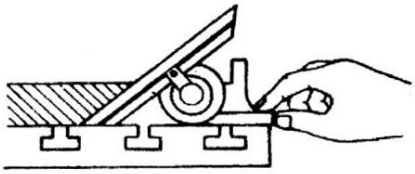


Fig. 9

Divisão angular

Em todo tipo de goniômetro, o ângulo reto (90º) apresenta 90 divisões. Daí concluímos que cada divisão equivale a 1º. Na figura 10, observamos a divisão do disco graduado do goniômetro.

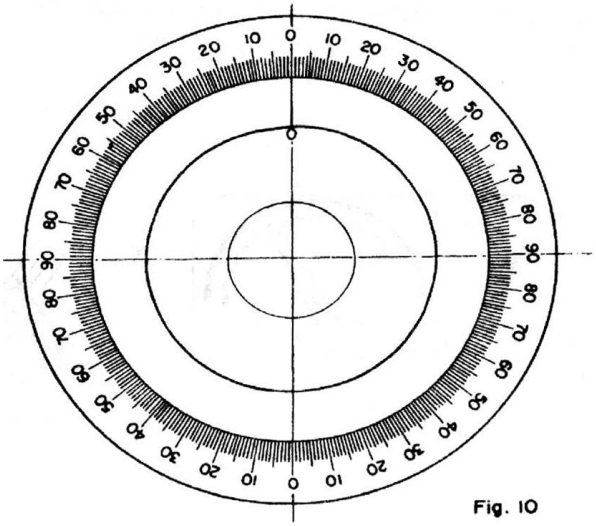


Fig. 10

Leitura do Goniômetro

Lêem-se os graus inteiros na graduação do disco com o traço zero do nônio (fig. 11). O sentido da leitura tanto pode ser da direita para a esquerda, como da esquerda para a direita (fig. 12).

Fig. 11

Fig. 12

Utilização do Nônio

Nos goniômetros de precisão, o vernier (nônio) apresenta 12 divisões à direita, e à esquerda do zero do nônio (fig.13). Se o sentido da leitura for à direita, usa-se o nônio da direita; se for à esquerda, usa-se o nônio da esquerda.

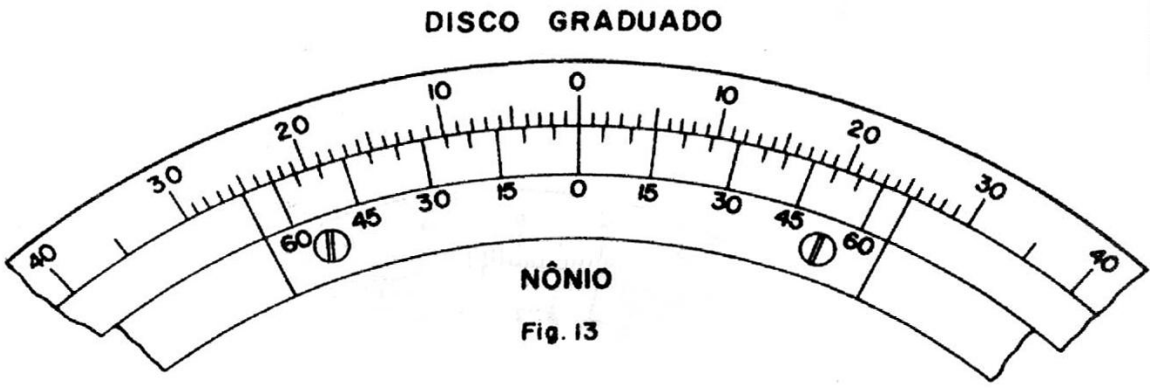


Fig. 13

Cálculo de aproximação

a = aproximação
e = menor valor do disco graduado = 1º
n = número de divisões do nônio = 12 divisões

$$a = \frac{e}{n}$$

$$a = \frac{1^o}{12} = \frac{60'}{12} = 5'$$

Cada divisão do nônio é menor 5' do que duas divisões do disco graduado.

Se fizermos coincidir o primeiro traço do nônio, a leitura será 0º 5' (fig. 14); o segundo traço, a leitura será 0º (fig.15); o nono traço, a leitura será 0º 45' (fig. 16).

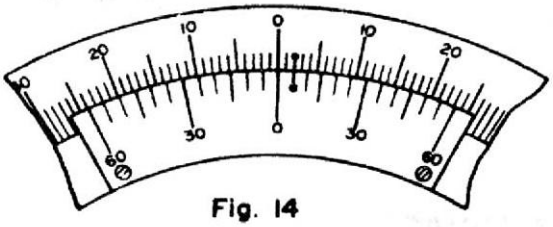


Fig. 14

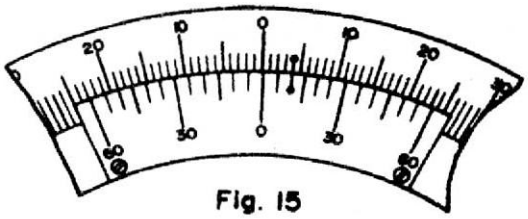


Fig. 15

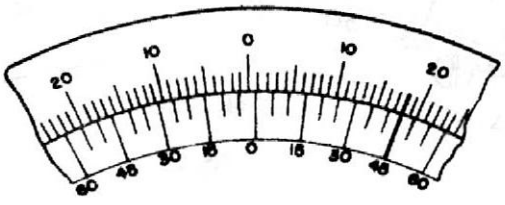
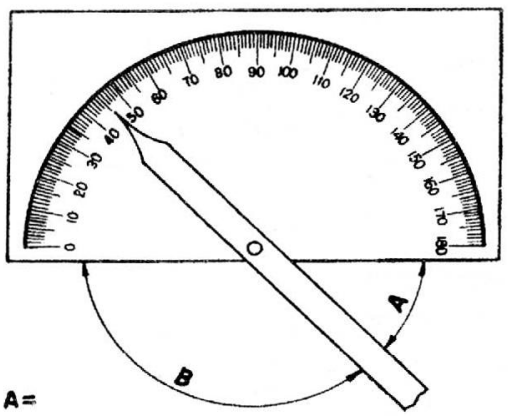


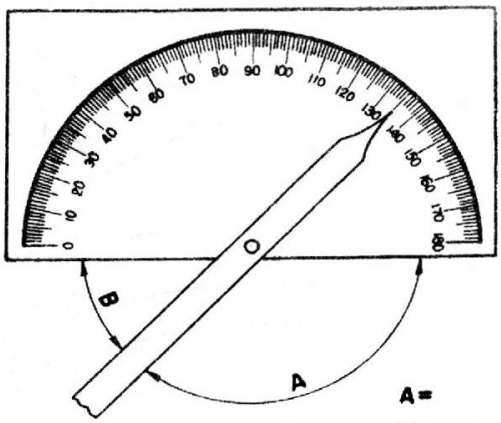
Fig. 16

Solucionando Problemas

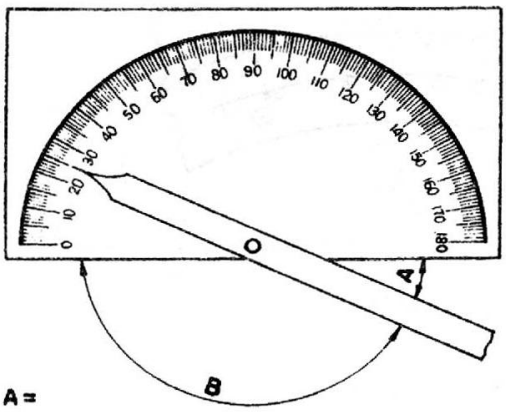
GONIÔMETRO



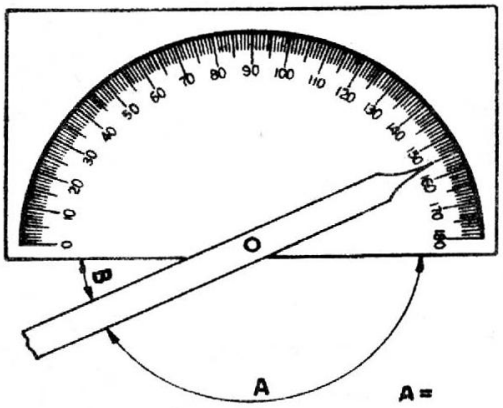
A=
B=



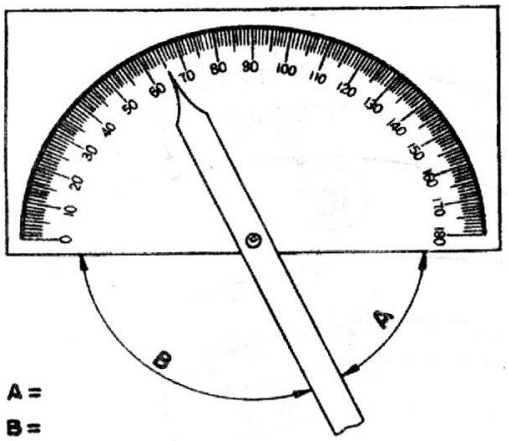
A=
B=



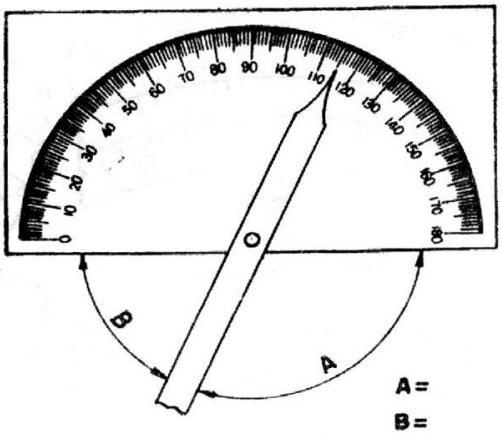
A=
B=



A=
B=



A=
B=

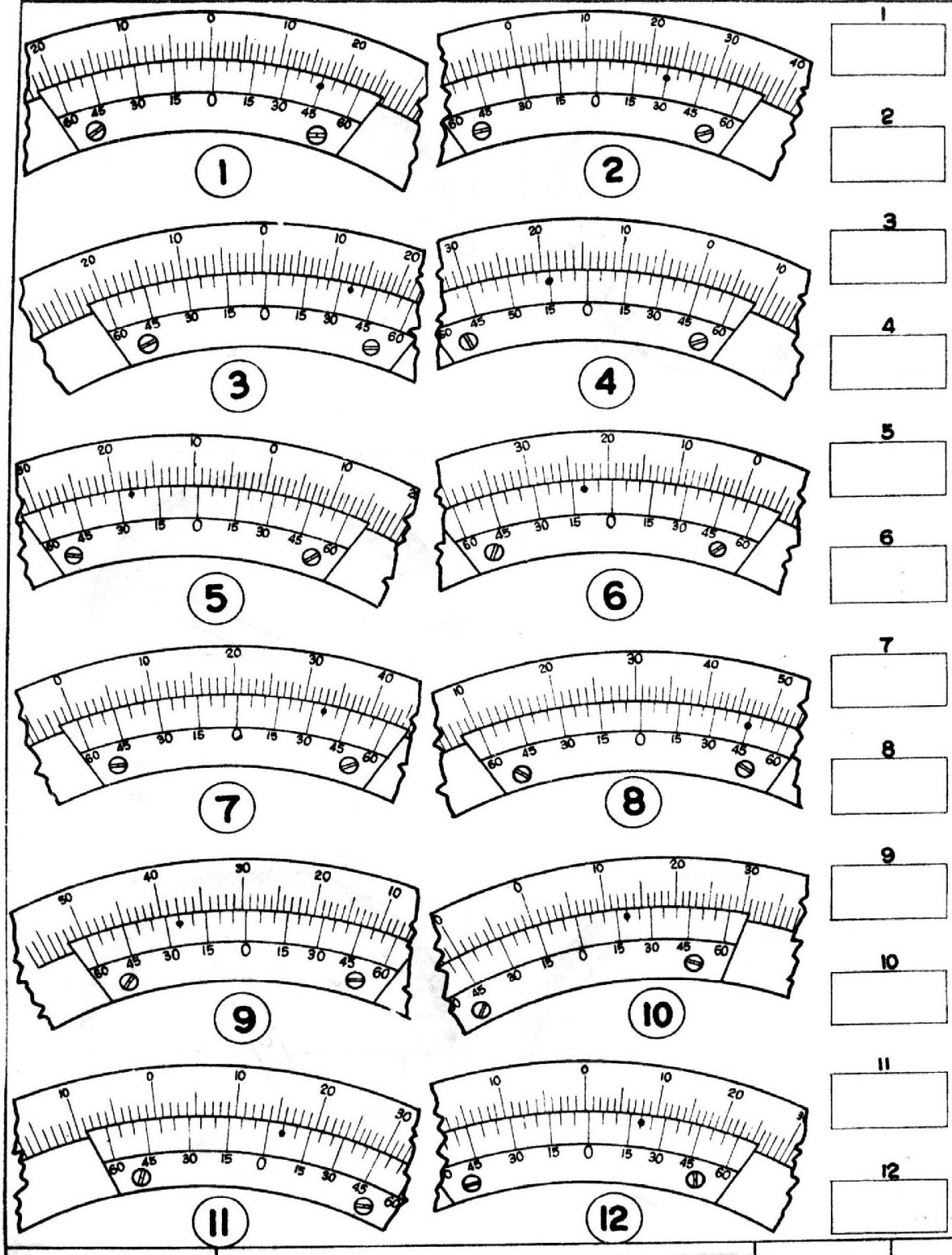


A=
B=

LEITURA

Solucionando Problemas

GONIÔMETRO



Leitura

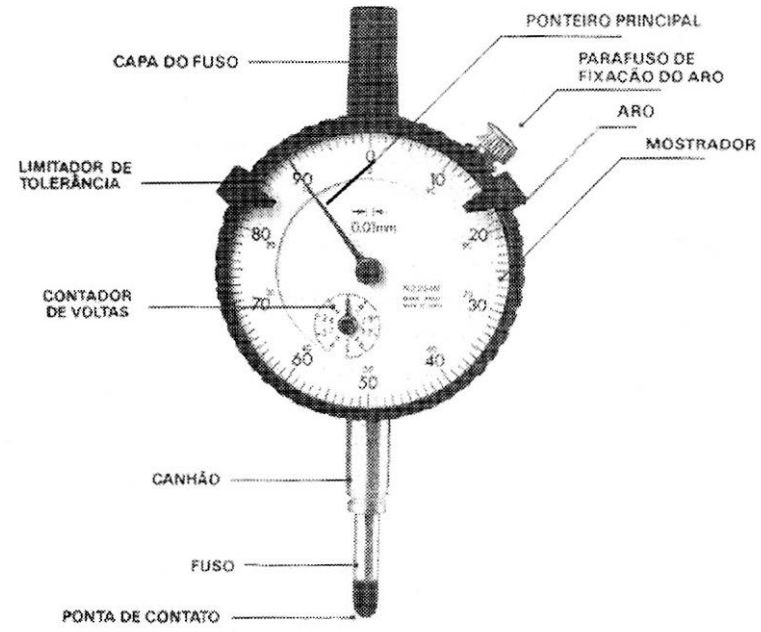
O RELÓGIO COMPARADOR

O relógio comparador é um instrumento de medição por comparação dotado de uma escala e um ponteiro, ligados por mecanismos diversos a uma ponta de contato.

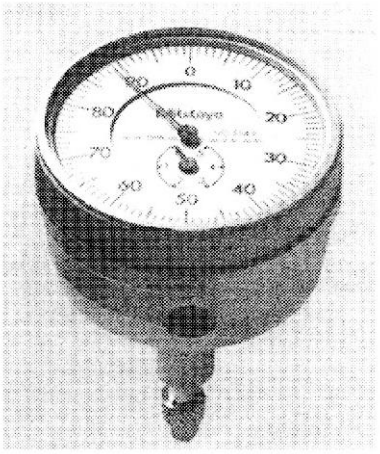
O comparador centesimal é um instrumento comum demedição por comparação. As diferenças percebidas nele pela ponta de contato são amplificadas mecanicamente e irão movimentar o ponteiro rotativo diante da escala.

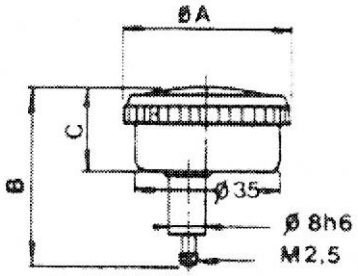
Quando a ponta de contato sofre uma pressão e o ponteiro gira em sentido horário, a diferença é positiva. Isso significa que a peça apresenta maior dimensão que a estabelecida. Se o ponteiro girar em sentido anti-horário, a diferença será negativa, ou seja, a peça apresenta menor dimensão que a estabelecida.

Existem vários modelos de relógios comparadores. Os mais utilizados possuem resolução de 0,01 mm. O curso do relógio também varia de acordo com o modelo, porém os mais comuns são de 1 mm, 10 mm, 250” ou 1”.



Em alguns modelos, a escala dos relógios se apresenta perpendicularmente em relação a ponta de contato (vertical). E, caso apresentem um curso que implique mais de uma volta, os relógios comparadores possuem, além do ponteiro normal, outro menor, denominado contador de voltas do ponteiro principal.

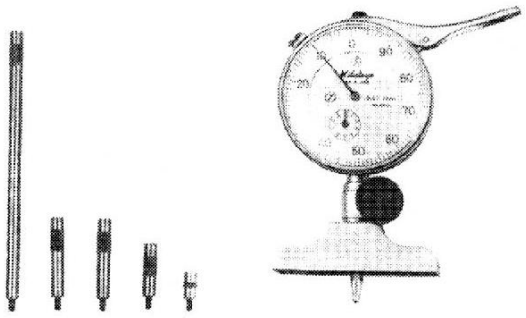




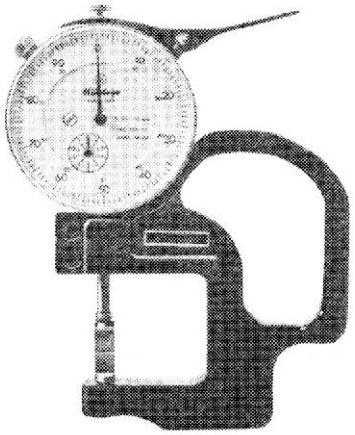
Alguns relógios trazem limitadores de tolerância. Esses limitadores são móveis, podendo ser ajustados nos valores máximo e mínimo permitidos para a peça que será medida.

Existem ainda os acessórios especiais que se adaptan aos relógios comparadores. Sua finalidade é possibilitar controle em série de peças, medições especiais de superfícies verticais, de profundidade, de espessuras de chapas, etc.

As próximas figuras mostram esses dispositivos destinados à medição de profundidade e de espessuras de chapas.



Medidores de profundidade

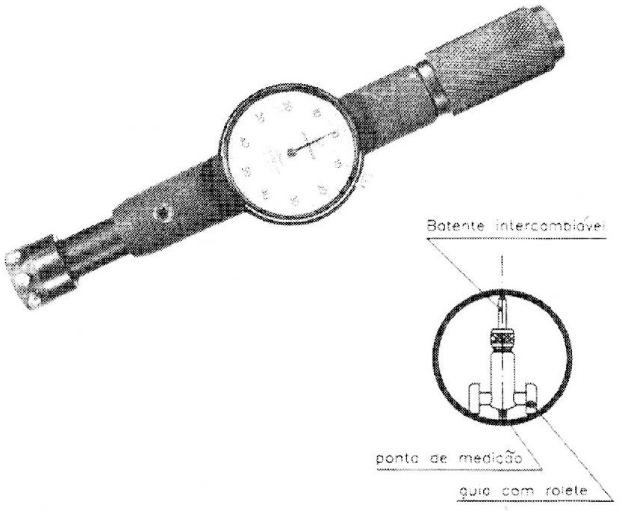


Medidores de espessura

Os relógios comparadores também podem ser utilizados para furos. Uma das vantagens de seu emprego é a constatação, rápida e em qualquer ponto, da dimensão do diâmetro ou de defeitos, como conicididade, ovalização, etc.

Consiste basicamente num mecanismo que transforma o deslocamento radial de uma ponta de contato em movimento axial transmitido a um relógio comoparador, no qual pode-se obter a leitura da dimensão. O instrumento deve ser previamente calibradso em relação a uma medida padrão de referência.

Esse dispositivo é conhecido como medidor interno com relógio comparador ou súbito.



Mecanismos de amplificação

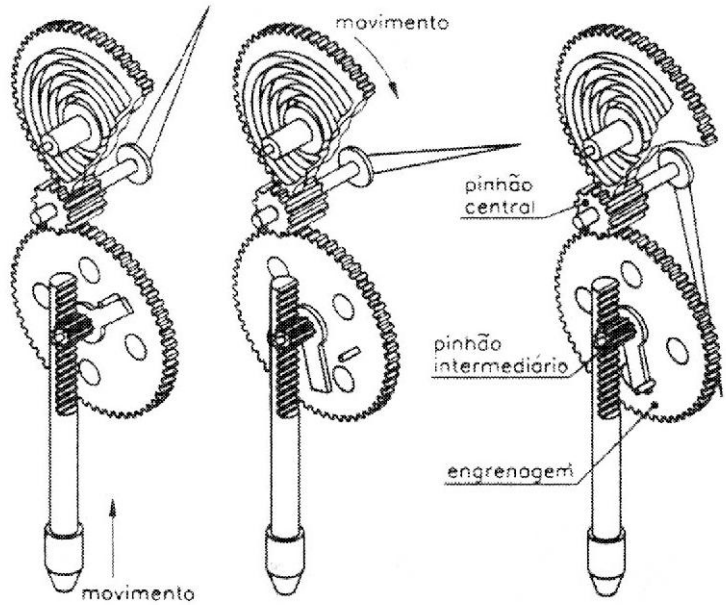
Os sistemas usados nos mecanismos de amplificação são por engrenagem, por alavanca e mista.

Amplificação por engrenagem

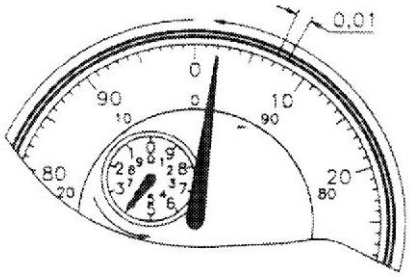
Os instrumentos mais comuns para medição por comparação possuem sistema de amplificação por engrenagens.

As diferenças de grandeza que acionam a ponta de contato são amplificadas mecanicamente.

A ponta de contato move o fuso que possui uma cremalheira, que aciona um trem de engrenagens que, por sua vez, aciona um ponteiro indicador no mostrador.



Nos comparadores mais utilizados, uma volta completa do ponteiro corresponde a um deslocamento de 1 mm da ponta de contato. Como o mostrador contém 100 divisões, cada divisão equivale a 0,01 mm.



Amplificação por alavanca

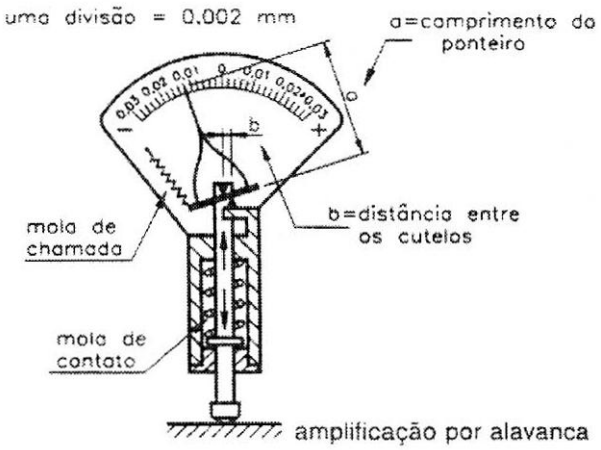
O princípio da alavanca aplica-se a aparelhos simples, chamados indicadores com alavancas, cuja capacidade de medição é limitada pela pequena amplitude do sistema basculante.

Assim temos:

$$\text{Relação de amplificação} = \frac{\text{comprimento do ponteiro (a)}}{\text{distância entre dos cutelos (b)}}$$

Durante a medição, a haste que suporta o cutelo móvel desliza, a despeito do esforço em contrário produzido pela mola de contato. O ponteiro-alavanca, mantido em contato com os dois cutelos pela mola de chamada, gira em frente à graduação.

A figura abaixo representa a montagem clássica de um aparelho com capacidade de ± 0,06 mm e leitura de 0,002 mm por divisão.



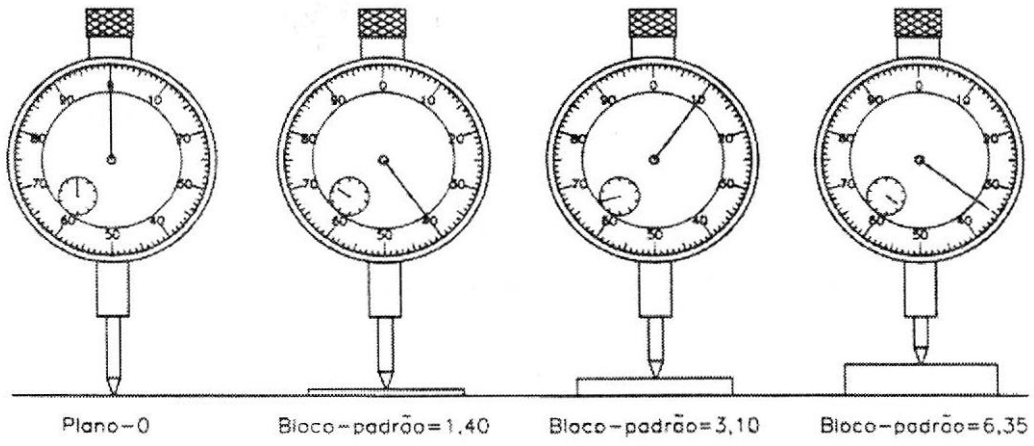
Aplicação mista

É o resultado da combinação entre alavanca e engrenagem. Permite levar a sensibilidade até 0,001 mm, sem reduzir a capacidade de medição.

Condições de uso

Antes de medir uma peça, devemos nos certificar de que o relógio se encontra em boas condições de uso.

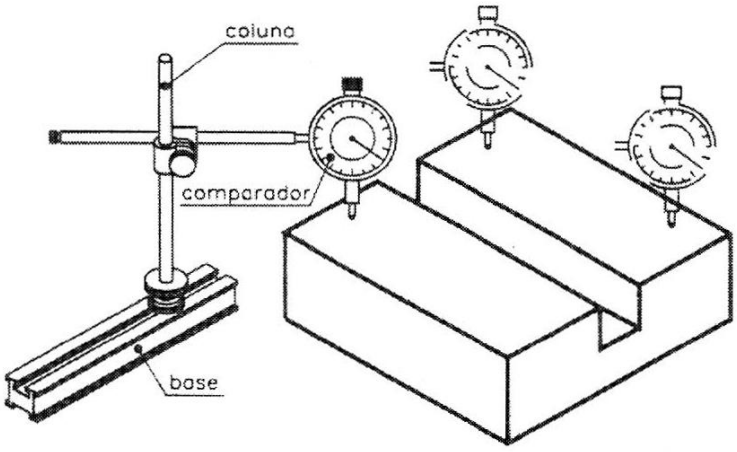
A verificação de possíveis erros é feita da seguinte maneira: com o auxílio de um suporte de relógio, tomam-se as diversas medidas nos blocos-padrão. Em seguida, deve-se observar se as medidas obtidas no relógio correspondem às dos blocos. Sâo encontrados também calibradores específicos para relógios comparadores.



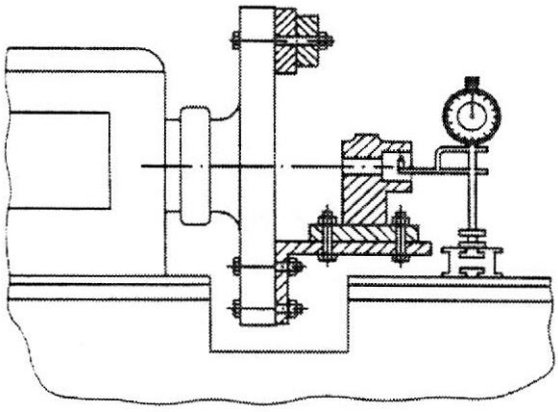
Observação: antes de tocar a peça, o ponteiro do relógio comparador fica em uma posição anterior a zero. Assim, ao iniciar uma medida, deve-se dar uma pré-carga para o ajuste do zero.

Colocar o relógio sempre numa posição perpendicular em relação à peça, para não incorrer em erros de medida.

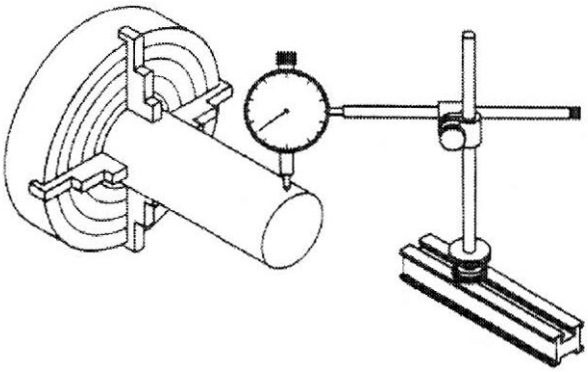
Aplicações dos relógios comparadores



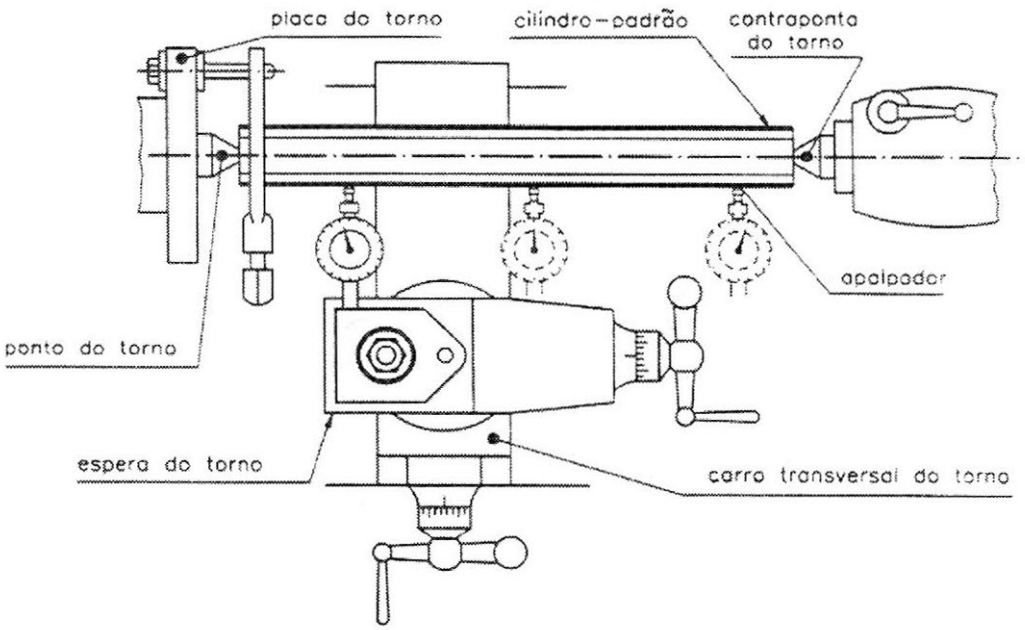
Verificação do paralelismo



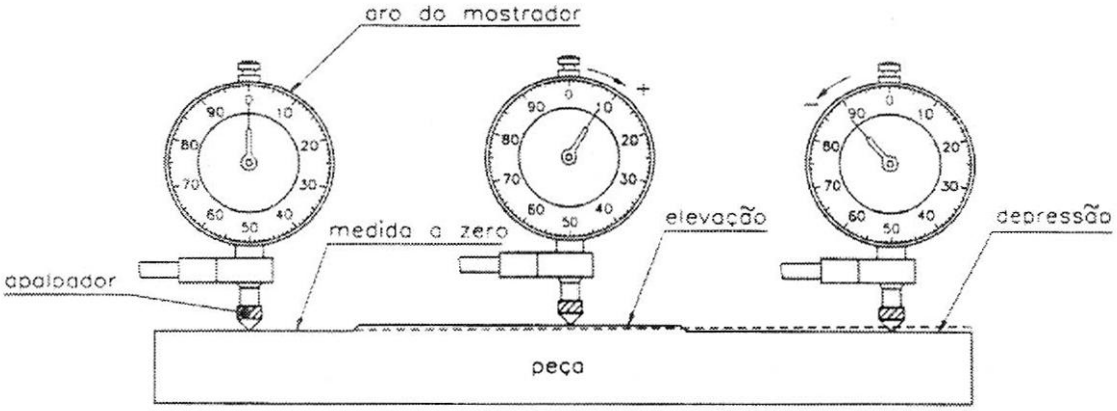
Verificação de excentricidade de peça montada na placa do torno



Verificação de concentricidade



Verificação doalinhamento das pontas de um torno



Verificação de superfícies planas

Conservação

- Descer suavemente a ponta de contato sobre a peça.
- Levantar um pouco a ponta de contato ao retirar a peça.
- Evitar choques, arranhões esujeira.
- Manter o relógio guardado no seu estojo.
- Os relógios devem ser lubrificados internamente nos mancais das engrenagens.